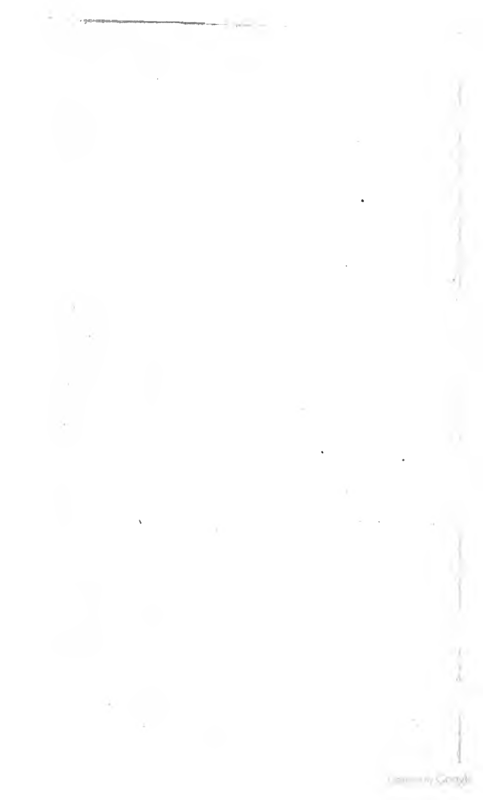




BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

LA CIRCULATION DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE
EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE DE LIEBIG

PAR
JAC. MOLESCHOTT
Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le Dr E. CAZELLES
Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME PREMIER

PARIS
GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR
Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres Hipp. Baillière, 219, Regent street. | **New-York** Baillière brothers, 440, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1866

LA

CIRCULATION

DE LA VIE

Paris.— Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

LA CIRCULATION DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE

EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE, DE LIEBIG

PAR

JAC. MOLESCHOTT

Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le Dr E. CAZELLES

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME PREMIER

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR

Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres — Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York — Baillière brothers, 440, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1866

A

JUSTUS LIEBIG

La personnalité de certains auteurs par rapport à la science s'élève au-dessus d'une individualité ordinaire. Je ne veux pas parler de ce ferme sentiment de l'inviolabilité personnelle qui sert de bouclier à tous ceux qui ne cherchent dans la science que la vérité, le plaisir d'observer et le bonheur de penser. Je ne songe pas non plus à la tranquille sécurité des écrivains qui ne prennent la plume que parce que la passion de la science les force à donner une forme à leurs idées. C'est à propos des adversaires des auteurs de cette espèce que Gœthe écrivait à Schiller : « On a du plaisir à voir ce qui a par-
» ticulièrement blessé ces individus, avec quoi ils
» croient blesser quelqu'un, de quelle façon, creuse,
» vide et commune, ils envisagent toute existence qui
» n'est pas la leur ; ils ne tirent que contre les ouvrages
» extérieurs, et ne se doutent même pas que l'homme
» habitué à considérer sa personne et les choses d'une

» façon sérieuse, est retranché dans une forteresse » inaccessible. »

J'ai plutôt en vue le mérite littéraire par la grâce duquel un seul homme peut, à un moment donné, constituer avec ses propres idées une partie de la science. Il en est ainsi pour beaucoup d'opinions que vous avez exprimées dans vos *Lettres sur la chimie;* à l'abri de votre nom, elles forment un drapeau autour duquel viennent se grouper, avec conviction, un grand nombre des meilleurs soutiens de la science. Comme on sait que la science n'a qu'une manière d'exister, qu'elle n'est que le savoir des hommes d'un certain temps, on me permettra de dire que le drapeau sur lequel vous avez inscrit vos idées tient une des places les plus importantes dans la science.

Et moi aussi, ce drapeau m'a enthousiasmé, mais je le confesse ouvertement, je ne me mêle pas souvent à son cortége. Dans mes réponses à vos lettres, j'ai exprimé mes idées qui sont bien des fois radicalement opposées aux vôtres; en cela je ne crois pas avoir manqué à la modestie. Vous n'êtes pas physiologiste et je ne suis pas chimiste. Mais ce même sujet que vous avez su arranger d'une manière si intéressante, je l'ai embrassé avec le même amour et étudié de toute la force de ma pensée. J'envisage la matière autrement que vous, en conséquence il me vient d'autres idées. L'exposition que j'en fais a droit aussi à un examen affranchi de préjugés, parce que la science doit toujours être préservée de cette étiquette qui défend à certaines classes d'hommes d'entretenir librement des relations avec d'autres.

S'il fallait que la lutte fût mon moyen, elle n'était pas mon but. Écrivant pour le peuple, j'aurais volontiers évité de vous nommer, ainsi que d'autres, si je n'avais vu dans vos lettres une pièce scientifique respectable, dont nous voudrions tous nous servir, mais que nous ne pouvons employer sans examen.

Votre opinion est votre bien, elle est le produit d'un développement puissant. Vous n'êtes pas responsable de l'usage que vous en faites pour vous-même ; vous savez pourquoi vous préférez vos conclusions. Aussi suis-je loin de prétendre vous éclairer par mes réponses. Vous connaissez le sujet que j'entreprends en ce moment de mettre en œuvre et de placer autant que possible à la portée du peuple, et non plus uniquement à celle d'une aristocratie de l'intelligence. Je ne veux pour moi que le droit de tirer de ce sujet mes conclusions. Je ne me flatte pas de l'espoir que l'exposition que j'en fais puisse vous convaincre. Je ne vous adresse donc pas directement ces réponses.

Néanmoins, pour vous faire connaître l'impulsion que j'avais reçue de vos lettres, je ne pouvais choisir un autre titre. De plus, je voulais aussi dire mon mot au lecteur, qui aussi bien que moi considère vos idées comme un fragment de la science, sans comprendre nettement que la science est toujours comprise dans le devenir.

J'aurai, je le sais, des lecteurs qui, adversaires déclarés de mes opinions, adversaires absolus et âpres, seront ramenés à vos lettres par mes réponses que vos lettres ont fait naître. Qu'ils le fassent, qu'ils y ramassent des armes pour ruiner mon édifice. Mais puissent-ils,

c'est le vœu le plus ardent que j'adresse à tous mes lecteurs, chercher chez vous comme chez moi, non pas des opinions, mais des preuves. Des opinions on en trouve partout et sous toutes les formes. Je peux éviter la peine de me lire à ceux qui voudraient me juger sur mes opinions, quatre-vingt-dix-neuf sur cent me condamneront, j'y suis résigné. Mais parmi ceux qui prendront la peine de chercher dans mon livre des preuves, et d'examiner les rapports qui unissent maintenant la science positive aux idées qui remuèrent le monde dans la seconde moitié du XVIII[e] siècle, neuf sur dix peut être se laisseront gagner.

JAC. MOLESCHOTT.

Mayence, vacances de Pâques, 1852.

PRÉFACE

L'épreuve que je tente en présentant au peuple allemand les pages suivantes, après avoir dédié ma physiologie de l'échange de la matière aux physiologistes, aux agronomes et aux médecins, n'est pas sans analogie avec celle que j'ai déjà faite quand j'ai donné mon traité populaire de l'alimentation après ma physiologie de l'alimentation, où je m'efforçais de placer dans la main des hommes spéciaux un fil qui pût les conduire à une diététique rationnelle.

Cependant ce qui distingue essentiellement ces lettres de mon traité de l'alimentation, c'est une forme plus libre qui m'a permis de développer plus complétement, et, si je ne me trompe, avec plus d'attrait une série d'idées sans me préoccuper de l'intégrité d'un ensemble de doctrines. L'enchaînement trop serré du sujet et son rapport immédiat avec des questions pratiques d'une haute importance ne me permettaient pas de le faire dans mon traité de l'alimentation.

Dans toutes les questions que ne soulèvent pas les besoins journaliers de la vie, on a plus tôt, et peut-être mieux fait d'intéresser le peuple par le développement des idées générales, que de lui donner un enseignement complet. Le but de mes efforts était de montrer que ces développements d'idées n'ont de vie réelle que si l'image des faits leur donne une forme solide et corporelle. Puissé-je l'avoir fait d'une manière intéressante. Car je puis le dire sans arrière-pensée, j'ai voulu contribuer, suivant mes moyens, armé de la balance, de la machine pneumatique et du microscope, à détrôner les propositions sans valeur d'une tradition arbitraire.

Nous ne nous développerons librement que lorsque nous puiserons dans la réalité, mais alors nous serons aussi loin des mystères de l'Église que des rêves de ceux qui se nomment idéalistes, et pourtant ne sont pas assez familiarisés avec l'origine des idées pour les contempler dans la merveille éclatante de la nature qui vit dans la matière et les formes.

JAC. MOLESCHOTT.

PRÉFACE DU TRADUCTEUR

Un des signes les plus intéressants de notre temps, c'est l'attention passionnée qu'une partie du public français porte à l'étude et aux essais de solution des grands problèmes soulevés de nos jours par le développement prodigieux des sciences et l'application rigoureuse de la critique à l'histoire. C'est à cette partie du public que j'adresse la traduction du *Kreislauf des Lebens* de M. Jac. Moleschott. Mon but est de mettre dans son jour l'ouvrage d'un homme éminent, l'un des savants les plus distingués qui honorent la biologie, et ce que je me propose surtout c'est de combler une lacune oubliée par nos écrivains vulgarisateurs.

Aujourd'hui que les fréquents rapports des peuples ont mieux fait comprendre la solidarité qui les unit, il nous devient impossible de nous limiter au mouvement intellectuel de notre pays. Ce mouvement, en effet, n'est qu'une portion de celui qui entraîne toute la

civilisation occidentale. Les bornes de la patrie sont supprimées, et nous pouvons reconnaître nos pensées, nos aspirations et nos espérances dans les pensées qui se développent au sein de la vie intellectuelle d'un étranger, dans les aspirations qui l'animent au travail et les espérances qui soutiennent son courage. A travers les frontières politiques l'échange des idées se fait librement, les idées se fortifient, s'éclairent, se complètent les unes par les autres, et constituent en définitive un capital commun à l'humanité tout entière.

L'ouvrage dont je présente la traduction est marqué du signe du temps; il tient par toutes ses parties au mouvement qui pousse les sciences à une synthèse philosophique. C'est un livre accessible à tous les esprits cultivés; il n'est pas trop chargé de la partie technique, qui rebute dans les ouvrages spéciaux; de plus, il s'inspire des idées qui dominent aujourd'hui la plupart des hommes pour lesquels la science est un but. Dans toutes les parties de cette œuvre on trouve l'emploi d'une méthode excellente et la conscience des difficultés qui hérissent les problèmes scientifiques. L'auteur y exprime la conviction que la philosophie et l'expérience ne sont pas séparables, que les faits sont la substance même des idées, que l'étude de l'homme doit être la base de toutes les sciences qui s'occupent de l'homme, de sa morale, de sa politique, et que c'est par elle seule que nous pouvons comprendre le passé et apprendre à maîtriser l'avenir.

Le *Kreislauf des Lebens* a eu sa première édition en 1852 et sa quatrième et dernière en 1863. Déjà, à plusieurs reprises, nos revues périodiques en ont entretenu leurs lecteurs; cette œuvre a même été l'objet d'une attention spéciale dans un ouvrage publié dans la col-

lection dont cette traduction fait partie (1). Mais pour qu'un livre soit connu, suffit-il que des critiques modérées l'aient signalé comme une des pièces du grand procès qui se débat devant le public éclairé? Suffit-il, pour qu'il soit bien jugé, que d'autres critiques superficielles y aient relevé l'essence des pernicieuses erreurs qui doivent faire, dit-on, glisser le genre humain au fond de la plus abjecte dégradation? Suffit-il d'extraire d'un ouvrage des têtes de chapitre à tournure piquante, de citer quelques phrases courtes, serrées, taillées en apophthegmes, comme M. Moleschott les aime, pour éclairer la conscience d'un lecteur et le rendre capable de formuler un jugement équitable? Avec l'ouvrage de M. Moleschott, plus qu'avec tout autre, il était bien facile de remplir la tâche déjà si aisée que se donnent aujourd'hui certains critiques. L'auteur présente, avec une libéralité rare, de ces phrases ailées et aiguës qui renferment les conclusions anticipées de son livre. Mais ce qu'elles ne renferment point, c'est le déroulement des opérations intellectuelles qui a suscité les conclusions, et elles n'éveillent point dans l'esprit du lecteur l'enchaînement logique, qui seul peut leur conférer la force et la légitimité. Nous connaissons une critique *préventive* qui se considère comme commissionnée par la congrégation de l'Index. Elle a mission d'estampiller les livres, d'en autoriser ou d'en prohiber la lecture; elle semble se proposer pour but suprême de fulminer des réquisitoires fondés sur des aveux très-francs, de montrer l'auteur *reum confitentem* et d'obtenir d'un jury prévenu des verdicts passionnés; enfin elle juge, mais son jugement demeure stérile, car il n'instruit personne.

(1) P. Janet, *Le matérialisme contemporain*, 1864.

On nous dit que M. Moleschott est matérialiste, bien plus, qu'il est le chef du matérialisme allemand ! Que nous importe : Matérialisme, athéisme, *verba et voces*. Ce qui nous importe, c'est de savoir s'il y a dans les vérités d'observation, que l'auteur prend pour point de départ, la garantie de la vérité de ses conclusions. Quelle valeur peut-on reconnaître à un procédé critique qui consiste à essayer les idées d'un auteur sur la pierre de touche des croyances officiellement patronnées, comme si ces doctrines étaient des mesures étalonnées, authentiques et universellement acceptées ? Depuis Emmanuel Kant, l'actif de l'ontologie est réduit à néant, et la critique qui emprunte ses valeurs discréditées manque son but. Désormais une seule critique est recevable, la critique logique, et un auteur ne peut plus être condamné par la raison que ses conclusions heurtent des idées en faveur, mais seulement si elles sont arbitraires et si elles dépassent la portée de ses données expérimentales. Tous les livres, nous le reconnaissons, sont justiciables d'une critique ainsi comprise. Mais à celui qui veut l'entreprendre et l'exercer il faut d'autres qualités que l'aisance élégante et la grâce parfaite avec laquelle tant d'auteurs en renom manient les lieux communs philosophiques.

Parmi ces lieux communs il en est un dont on abuse. Il consiste à rattacher les idées d'outre Rhin au courant de pensée qui fit le caractère du XVIII[e] siècle, afin de les envelopper dans une réprobation toute prête. Il est vrai qu'au milieu du siècle dernier Frédéric le Grand appela à sa cour un médecin français, l'auteur de l'*Homme machine*, le spirituel mais superficiel la Mettrie. Il voulait, écrivait-il à Maupertuis, « l'établir prédicateur » de son académie, imbue « de vieux préjugés, »

et comptait sur sa causticité bien connue pour obtenir des conversions. Mais la société raffinée qui se réunissait autour du despote philosophe aux petits soupers de Postdam, n'exerça point d'influence en Allemagne, et l'on ne peut en aucune façon rattacher à cette mission matérialiste de la Mettrie l'origine des idées qui, aujourd'hui, après un siècle, se manifestent au delà du Rhin. Le matérialisme français resta confiné à la France, où il inspira plusieurs générations de savants, dont le dernier et non le moins illustre fut Broussais. Quant à l'Allemagne, au moment où Frédéric affichait pour les doctrines philosophiques de ses sujets une sollicitude si étrange, elle était à l'aurore de sa renaissance et bientôt elle allait déployer dans les lettres, les arts, les sciences et la philosophie, une activité merveilleuse, et, rejetant l'influence française, tirer du fonds germanique des richesses immenses.

Si l'on prenait au mot le matérialisme allemand, en ne s'en tenant qu'à la qualification, on commettrait une lourde méprise. Né de la décomposition des synthèses d'Hegel, il a conservé dans ses formules l'empreinte du génie de ce grand penseur. C'est encore un panthéisme où la substance unique, qui fait le fonds du monde, qui persiste impérissable à travers toutes les transformations, dont les forces naturelles ne sont que des modes, a pour nom la Matière. A voir le respect, pour ainsi dire religieux, avec lequel l'auteur du *Kreislauf des Lebens* parle de cette « éternelle » substance, qui jouit seule de l'indestructibilité au milieu de la destruction de toutes les formes, de cette source de tous les êtres, au sein de laquelle tous les êtres se dissolvent, en sorte que leurs éléments peuvent déployer une activité nouvelle sous des formes nouvelles, on sent que l'on

n'a pas affaire au matérialisme de la Mettrie, et qu'au bout on trouvera une autre morale que celle du plaisir ou d'un mesquin intérêt personnel.

Au moment où éclata la banqueroute de l'idéalisme, où fut démontrée l'impuissance radicale de la spéculation à rien édifier sans l'appui de l'expérience, les esprits déçus par les rêves métaphysiques et altérés de réalités trouvèrent un refuge dans la science. Son vigoureux essor n'avait pas été ralenti; son puissant voisin, l'idéalisme, ne l'avait pas entravée; il lui faisait même l'honneur insigne de la mettre à contribution pour en utiliser les données et les faire rentrer de force dans ses formules à priori. Peu à peu d'immenses matériaux s'étaient rassemblés, et A. de Humboldt n'eut qu'à tracer le magnifique tableau du monde, pour montrer que les sciences de la nature offraient un champ où l'activité intellectuelle pouvait se déployer sans redouter le désenchantement. Il n'y eut pas jusqu'au dégoût que les agitations politiques de 1848-1849 inspirèrent pour la philosophie qui ne fût utile à la science. La réaction fut même poussée si loin qu'à ce dégoût se mêla le mépris de la pensée libre, et que l'on vit des savants se mettre en règle avec les doctrines de l'Église. Le livre de M. Moleschott fut une protestation énergique contre cette défaillance, mais l'enthousiasme « immense » (1) qu'il excita prouva que les excès de la spéculation n'avaient pas détruit pour toujours le goût de la pensée affranchie.

Si au moment de sa publication cette œuvre eût trouvé un traducteur en France, il est douteux que notre public lui eût fait un accueil sympathique. Les

(1) Büchner, *Aus Natur und Wissenschaft*, 1862, p. 41.

mêmes causes avaient agi sur les deux pays et y avaient fait naître des effets semblables ; seulement chez nous on les ressentit plus longtemps. Ce n'est pas qu'en France l'enseignement de la philosophie fût fait pour effrayer les esprits timides. Distribué avec une prudente parcimonie par des hommes qui, dans leurs plus grandes témérités, ne dépassaient pas les audaces de la philosophie cartésienne, il se réduisait à des exercices littéraires sur une métaphysique qui, au fond, n'était pas autre chose qu'un minimum de théologie révélée. Mais il faut avouer qu'en dehors du corps enseignant on philosophait à outrance. Depuis que le sensualisme était mort d'épuisement, les esprits étaient livrés à l'anarchie. « Sauf les deux premiers siècles de notre » ère, dit M. H. Taine, le bourdonnement des songes » métaphysiques ne fut ni si fort ni si continu, jamais on » n'eut plus d'inclination pour croire non sa raison mais » son cœur, jamais on n'eut tant de goût pour le style » abstrait et sublime qui fait la raison dupe du cœur (2). » Tout le monde s'en mêla, les poëtes, les romanciers, les savants. Ceux que leur imagination ne servait pas assez bien, qui n'en pouvaient tirer un système qui leur fût propre, pour résoudre les problèmes de la nature, de l'homme, du mal, et pour guérir les misères sociales, en trouvaient un tout fait dans les croyances traditionnelles et s'y précipitaient, non sans en modifier pour leur compte les pratiques et les dogmes. Cette violente épidémie mentale enfanta des systèmes bizarres et des réveils religieux. Au milieu de la prospérité du dernier règne, on se laissait aller à ces rêves, on y trouvait une satisfaction réelle, on se croyait meilleur pour avoir

(1) H. Taine, *Les philosophes français du XIXe siècle*, 1859, 293.

adhéré un instant à quelqu'une de ces chimères philosophiques de rénovation sociale, que le sens pratique du progrès ne contenait plus. Une seule barrière était debout, qui semblait les condamner à rester à jamais des rêves; elle tomba le 24 février 1848, et l'on se trouva face à face avec ces fantômes qui voulaient prendre corps, aspirant tous à se réaliser, et à se réaliser à l'exclusion des autres.

L'effroi rétablit le jugement. On voulut en finir d'un seul coup avec les rêves; on les proscrivit en bloc, au nom d'une société qui se croyait en péril et qui avant tout voulait vivre. Le nom de socialisme se trouva là fort à propos pour servir d'étiquette aux doctrines les plus opposées. Certes, la philosophie universitaire ne s'était mêlée qu'avec réserve à cet entraînement de la pensée et tout à fait sur la fin; elle n'en fut pas moins enveloppée dans la proscription générale. Son nom la fit considérer comme la mère des utopies et le premier auteur des maux dont le danger venait de se révéler. Et quand le gouvernement raya ce nom du programme de l'enseignement secondaire, il ne fit que donner à l'aveugle sentiment de réprobation qui le frappait une satisfaction impérieusement exigée par un passé triomphant, qui n'aspirait pas à moins qu'à gouverner seul les jeunes générations. La religion apparaissait alors comme une métaphysique conservatrice, illustrée de quelques rites, et l'on put croire que ses doctrines, acceptées à l'égal d'un bienfait par les consciences alarmées des périls de la société, ne rencontreraient plus de contradicteur. La jeunesse qui entrait en ce moment dans les écoles n'y entendit plus que le sévère enseignement des sciences.

Elle en sortit positiviste. *O cæcas hominum mentes!*

Grâce à des mesures qu'on regardait comme des moyens de salut, en dix ans la face des choses a changé. La philosophie d'Auguste Comte, débarrassée des spéculations religieuses et sociales qui en avaient fait une secte, se trouvait là juste à point pour devenir le *Credo* d'une génération nouvelle. D'une part, elle rompt en visière aux prétentions de l'Église. « La philosophie » positive ne s'occupe ni des commencements de l'uni- » vers, si l'univers a des commencements, ni de ce qui » arrive aux êtres vivants, plantes, animaux et hommes » après leur mort ou après la consommation des siè- » cles, s'il y a une consommation des siècles (1). » D'autre part, elle refuse de discuter avec les métaphysiciens sur l'espace, le temps, la matière, la force, le mouvement, le moi, choses inconnaissables en elles-mêmes. Mais si elle repousse ces deux ordres de spéculations, elle conserve un champ d'action immense, l'univers des phénomènes. Le but que le positivisme se propose, c'est d'une part la constitution « de l'en- » semble abstrait des notions qui concernent le monde, » l'homme et la société (2) », c'est-à-dire la philosophie des sciences particulières, et d'autre part la constitution de la science générale par la systématisation logique des sciences particulières. Dans les sciences particulières qui ont le monde pour objet, il atteint son but par l'expérience et l'observation, par l'induction et l'abstraction; il trouve les séries naturelles de faits et les groupes naturels de faits et les traduit en lois et en types, symboles des séries et des groupes. Quand il prend l'homme pour objet il l'étudie dans son indivi-

(1) Littré, *Paroles de philosophie positive*, 1859, 33.

(2) Littré, *Aug. Comte et la philosophie positive*, 1863, 108.

dualité subissant l'action de son milieu physique et réagissant sur lui; il l'étudie aussi dans sa vie collective, dans le milieu social; de là, deux sciences : la biologie et l'histoire. La philosophie positive promet dans l'avenir l'établissement méthodique des règles de pratique qui peuvent assurer la satisfaction des besoins de ces deux parties de l'être humain, la satisfaction de ses besoins inférieurs de conservation organique, comme la satisfaction de ses besoins supérieurs de conservation et de développement intellectuel et moral; elle doit donc aboutir à une hygiène positive et à une morale positive, et d'une façon plus générale à une médecine positive et une politique positive. Par l'exploration de la nature et la découverte laborieuse de ses lois, elle cherche les moyens d'agir rationnellement sur l'avenir et de mettre fin à l'exploitation de l'empirisme.

Vaste programme, et cependant, nous objecte-t-on, ce programme reste incomplet! S'il délaisse systématiquement toute spéculation sur les causes premières et les causes finales, s'il refuse de s'enquérir de la nature de la personne humaine et de sa destinée au delà de cette vie terrestre, en un mot s'il renonce à poursuivre la solution de ces redoutables problèmes, que la curiosité et l'anxiété de l'homme ont toujours demandée à la métaphysique et aux religions, il ne peut supprimer du même coup cette soif de l'*inconnaissable*. Sans doute les spéculations à priori sur les causes premières sont stériles pour l'avancement des sciences; sans doute les conceptions à priori des causes finales conduisent à des explications puériles et souvent bouffonnes, dont on ne trouve que trop d'exemples dans les livres de nos vulgarisateurs, et l'on ne citerait pas une découverte qu'elles aient préparée. Mais

malgré cela, est-il un savant qui se résigne à voir dans l'univers autre chose qu'un tout harmonique se développant dans un sens qu'on peut déterminer, et par conséquent évoluant vers un but, et qui ne cherche à l'expliquer par le jeu de quelque cause primordiale?

S'il est vrai que le positivisme ne mette fin à ces aspirations sans cesse renaissantes, que les plus éclatants échecs n'ont pu décourager et que les plus sublimes découvertes dans le champ des réalités ne sauraient satisfaire, cependant il leur oppose une limite et leur fait reconnaître ses lois. Les écoles métaphysiques et la théologie sont elles-mêmes soumises à l'influence prépondérante de notre temps. Depuis quelques années, des hommes décidés se dévouent à la tâche pénible de réformer les croyances religieuses; ils veulent en élaguer tout ce qui les met en opposition absolue avec les données de la science positive, et prennent pour devise les paroles de Channing: « Nous refusons » d'admettre toute interprétation qui, après réflexion » sérieuse, nous semble inconciliable avec une vérité » démontrée (1). » Les attaques ardentes et hostiles du XVIII[e] siècle, aussi bien que la critique froide et désintéressée de l'Allemagne contemporaine, ont travaillé à créer ce courant; en sorte qu'aujourd'hui, aux yeux des hommes qui représentent le mouvement dans l'Église, la science a une autorité absolue qui n'a plus rien à craindre des affirmations dogmatiques.

D'un autre côté, on voit l'idéalisme renoncer à son arrogant mépris pour la recherche de la réalité. Il se borne à réclamer pour la métaphysique la fonction de couronner l'édifice de la philosophie générale. Il ne

(1) Channing, *Œuvres sociales*, trad. édit. Laboulaye, 1854, p. XLIII.

suffit pas, disent les plus éminents représentants de l'idéalisme, de rassembler en un tableau systématique les faits du monde réel ; il ne suffit pas encore de les traduire en formules abstraites, et d'écrire ainsi un symbole algébrique du monde. Cela fait on n'a encore parcouru que les deux premiers degrés de la connaissance : le scientifique et le philosophique ; il en reste un troisième, le métaphysique, « vue supérieure de la science » qui nous donne « la conception de l'être infini, » absolu, universel, principe, substance et fin de toute » chose; qui ramène à leur principe les vérités déjà » perçues par la science et déjà comprises par la philo- » sophie (1). » Mais instruits par l'expérience de leurs devanciers, ils savent que si la raison peut les conduire à cette unité de principe, elle est incapable de leur faire découvrir à priori des réalités. Aussi proclament-ils que c'est « de la science positive, de la science de l'homme » que la pensée tire « sa substance (2). » « C'est parce qu'il » a été le plus grand observateur de son temps, qu'Aris- » tote en a été le plus grand philosophe. — Sur le vrai » terrain de la science, la physiologie et la psychologie, » la critique historique et l'histoire systématique, la » science de la nature et la théologie se rencontrent, » réunissent leurs efforts et mènent le genre humain » vers le temple de la Vérité, qui verra un jour dispa- » raître toute contradiction dans la connaissance, toute » discordance dans la pratique, et par là toute disso- » nance immorale (3). » On voit donc que l'absolu de la

(1) Vacherot, *La métaphysique et la science*, 1858, p. 687.

(2) Id., *ibid.*, p. 692.

(3) Scholten, *Manuel d'histoire comparée de la philosophie et de la religion*, trad. Alb. Réville, 1861, p. 180.

métaphysique, aussi bien que les besoins religieux, en prenant possession du terrain abandonné par la philosophie positive, renoncent à entraver son œuvre et à lui prescrire pour règles les déductions de la spéculation ou celles de la foi.

Mais il y a un parti nombreux et puissant, qui ne connaît pas d'autre idéal que le maintien des croyances traditionnelles et de la métaphysique *dualiste*. On se rappelle avec quel zèle passionné l'évêque d'Orléans dénonçait aux pères de famille quatre de nos plus illustres écrivains; pour opposer plus d'obstacles à l'influence envahissante de l'école critique et positiviste, il appelait à la rescousse les philosophes spiritualistes et les adjurait de défendre leur *maison dévastée*. On a vu ces spiritualistes, si suspects naguère, oubliant leur humiliation imméritée, rentrer dans la lutte et tirailler sur le front de l'armée ecclésiastique. Écrivains élégants et corrects plutôt que logiciens, ils excellent dans l'argumentation négative. S'ils ont étudié les sciences c'est pour n'en voir que les lacunes; ils affirment péremptoirement qu'elles ne seront pas comblées et qu'elles ne peuvent l'être; ils ne voient que des théories indépendantes, destinées peut-être à se développer isolément, mais qui jamais ne se rassembleront pour former un tout continu à travers lequel on pourrait suivre l'évolution réelle du monde.

Oui, ces lacunes existent. Il y a des sciences qui ne sont nées que d'hier. Nous ne connaissons que quelques fonctions, que des savants animés d'un esprit philosophique cherchent à relier entre elles. Les sciences ne sont que des pièces séparées qui semblent bien étrangères les unes aux autres, et cependant, grâce aux efforts que l'on fait pour les rapprocher, on entrevoit

le lien qui les unit. Il est vraiment bien étrange qu'on choisisse le moment présent pour affirmer que les divers phénomènes de la nature sont de différentes espèces et que leurs caractères sont irréductibles. Qu'on regarde autour de soi, une notion nouvelle, née d'hier, prend peu à peu possession de la science, je veux parler de la *loi d'équivalence* des forces physiques. Les manifestations dynamiques partant du centre qui dépense sa force vive, et pour nous ce centre est le soleil, se répandent sur notre planète sous forme de lumière et de chaleur; mais ce n'est pas pour y cesser d'être. Toutes les forces que les êtres de la terre déploient ne sont que des transformations de la force solaire. En physique, on ne discute plus cette vérité. En biologie, le physiologiste anglais Carpenter a essayé de la faire entrer dans l'explication des phénomènes vitaux (1). MM. Béclard et Hirn, précisant davantage, ont évalué en unités de chaleur le travail musculaire de l'homme. La loi d'équivalence commence à éclairer les fonctions de la vie animale, et voici qu'un savant philosophe anglais, M. Herbert Spencer, poussant encore plus loin cet essai de généralisation, applique cette même loi aux forces mentales et sociales. « Toutes les impressions que » nos organes des sens reçoivent à chaque instant sont » en corrélation directe avec les forces physiques du » dehors. Les modes de conscience appelés pression, » mouvement, son, lumière, chaleur, sont tous des effets produits en nous par des forces, qui, si elles se » dépensaient d'une autre manière, mettraient en pièces » ou en poussière des morceaux de matière, engendre» raient des vibrations dans les objets environnants,

(1) Carpenter, *Manual of physiology*, 1856, p. 37, 249.

» opéreraient des combinaisons chimiques ou feraient » passer des substances de l'état solide à l'état liquide. » Si donc nous regardons les changements de position » relative, de cohésion ou d'état chimique, ainsi pro- » duits comme des modifications transformées des causes » qui les provoquent, nous devons aussi regarder les » sensations que ces causes font naître en nous comme » des formes nouvelles de ces mêmes forces. » Si, d'une part, les forces vitales sont corrélatives des forces physiques, d'autre part elles sont « la source de pensées » et se dépensent à les produire. Il y en a diverses » preuves. En voici quelques-unes. C'est un fait évident » que l'activité mentale dépend de l'existence d'un cer- » tain appareil nerveux, et qu'il y a une relation dissi- » mulée sans doute sous le nombre des conditions et » masquée par elles, mais qu'on peut suivre entre les » dimensions de cet appareil et la quantité d'action » mentale mesurée par ses résultats. » L'activité mentale a pour corrélatif l'activité de l'oxydation du cerveau. « Toutes choses égales, ce que nous appelons » quantité de conscience est déterminé par les élé- » ments constitutifs du sang; on le voit clairement » dans l'exaltation qui survient quand on a introduit » dans la circulation certains composés chimiques tels » que l'alcool et les alcaloïdes végétaux.... Voici encore » une autre preuve que la production des forces men- » tales dépend directement de changements chimiques: » les produits usés que les reins séparent du sang » changent de caractère suivant le travail cérébral. Une » activité excessive de l'esprit est d'ordinaire suivie de » l'excrétion d'une quantité de phosphates alcalins » résultat de l'oxydation du phosphore qui entre dans la composition de la substance cérébrale. M. H. Spencer

ne se borne pas à affirmer une corrélation d'après la qualité, mais encore il trouve un rapport de quantité entre la force dépensée et la nouvelle force produite. Mais ce n'est pas tout : « non-seulement les modes de » conscience produits en nous par les forces physiques, » reparaissent sous forme de forces physiques dans les » mouvements musculaires, mais la même chose arrive » pour les modes de conscience qui n'ont pas été pro- » duits par des forces physiques... Quand les pensées » et les sentiments sont les premiers termes de la rela- » tion, le degré de réaction sur les forces du corps est » proportionné à la force de ces pensées ou sentiments ; » dans les cas extrêmes, la réaction aboutit à une pro- » stration complète » (1).

M. Herbert Spencer ne s'arrête pas là, il applique la même loi d'équivalence aux forces sociales; ainsi serait fermé le cercle des manifestations des forces naturelles.

Quelle est donc la vraie signification de la loi d'équivalence? En langage ordinaire, elle veut dire que par l'effet d'une ignorance, dont notre langue scientifique est encore l'expression, nous avons bien pu classer les phénomènes de la nature dans des ordres différents, parce qu'ils nous semblaient différents, mais qu'en réalité les phénomènes de ces ordres ont des causes dans les autres ordres ; que les facultés nobles ont leur cause et leur garantie dans le fonctionnement des facultés inférieures, que la pensée a pour antécédent nécessaire la vie et un milieu physique. Bien que cette proposition puisse paraître arbitraire à ceux qui croient encore que les ordres de phénomènes existent séparés et seulement juxtaposés, qu'ils ne trouvent leur synthèse que dans

(1) Herbert Spencer, *First principles*, 1863, p. 274-282.

un Être absolu, cause de toutes les séries, la science nous montre partout sur la terre la superposition de ces ordres, et par la loi d'équivalence elle nous indique les chaînons qui les unissent. En emprisonnant dans des compartiments séparés les phénomènes de la nature, l'homme a fait une œuvre artificielle, utile sans doute pour l'étude, mais qui fausse l'idée de la nature.

Nul plus que M. Moleschott n'a eu le sentiment de l'unité de la nature. Dans le *Kreislauf des Lebens* il proteste contre les divisions arbitraires qui la défigurent; en cela il a fait une œuvre éminemment philosophique, et contribué pour sa part à l'édification d'un système de la nature.

L'esprit de l'homme a toujours voulu ardemment un système de la nature et toujours aspiré à pénétrer le secret du monde. Dans son enfance il l'a demandé aux religions. Elles lui ont répondu, mais leurs réponses n'ont pu se maintenir devant le développement des sciences. Plus tard, l'homme s'est adressé aux philosophies, et la Grèce antique a épuisé pour le satisfaire des trésors de pensées. Aujourd'hui, après la chute de l'hégélianisme, la science est la seule autorité qui puisse répondre et reprendre avec ses méthodes et dans les limites de l'homme l'œuvre que les religions et les philosophies ont été impuissantes à accomplir. Une science générale s'élèvera-t-elle et tiendra-t-elle lieu de ces synthèses si longtemps cherchées? Nous l'espérons. Mais si notre espérance devait être déçue, si les sciences particulières arrivées à leur complet achèvement devaient rester condamnées à l'isolement, l'effort qu'on tente aujourd'hui ne serait pas pour cela frappé de stérilité. Tandis que les monuments des cosmologies religieuses et philosophiques se sont écroulés et jonchent

le sol de leurs débris, celui des sciences ne doit s'élever que sur de puissantes assises, sur les sciences particulières. Ne dût-il jamais s'achever, ces sciences formant à elles seules des édifices complets resteraient debout et prouveraient que, lorsqu'il se borne au domaine de la nature, le travail de l'homme ne se dépense jamais en vain.

E. CAZELLES,
Ancien interne des hôpitaux de Paris.

1er novembre 1865.

LA

CIRCULATION

DE LA VIE

PREMIÈRE LETTRE.

LA RÉVÉLATION ET LES LOIS DE LA NATURE.

Le triple domaine de la société, de l'art et de la science est le théâtre de luttes qui bouleversent ce qu'il y a de plus intime dans notre vie, et sont lentes à se décider, parce qu'à ce conflit d'éléments contraires prennent part non pas seulement des principes diamétralement opposés, mais encore des tentatives de conciliation et des idées hybrides. C'est parce que ces idées hybrides font partie de l'évolution qu'elles sont nécessaires et légitimes, et qu'elles réclament l'attention du savant et de l'historien.

Dans le domaine de l'État, ces tentatives de conciliation, que, je le répète, l'historien ne doit pas dédaigner, parce qu'elles sont des degrés du développement, excitent également la haine des deux puissances qui se disputent la possession de l'humanité. D'un côté, les gouvernements d'aujourd'hui vivent et meurent avec la grâce de Dieu; d'un autre côté, le peuple

combat pour ses idées humaines. Ni le peuple, ni le gouvernement ne croient plus qu'il soit possible de réconcilier la grâce avec l'esprit de l'homme, ils ne croient plus, en l'an 1852, ni à la sagesse, ni à la dignité d'un parti mort, qui promettait d'accorder les idées contradictoires d'une inspiration divine et de la liberté humaine.

Les dignitaires de l'art et de la science n'en sont pas encore là. Dans la science et l'art, il y a de vastes, et gardons-nous de le méconnaître, de fertiles régions où règne un désir passionné, mêlé d'espérance et de crainte, d'enchaîner l'observation qui se fait par les sens à l'inspiration qui se passe d'eux. Nous vivons dans un temps où les rois et les prêtres disputent aux citoyens la possession des matériaux, que l'art et la science ont rassemblés pour la construction du nouvel ordre de choses. Entre les deux partis engagés se tiennent les individus qui ne voudraient se brouiller ni avec l'un ni avec l'autre.

Et cependant dans le domaine de la science comme dans celui de la politique, il y a une contradiction aussi absolue entre la révélation et les connaissances acquises au moyen des sens dont le libre examen peut tout contrôler, et ne relève que des lois de la nature. Dans la science comme dans la politique, il faut choisir avec conviction entre la droite et la gauche, si nous voulons nous assurer la confiance que partout on n'accorde qu'à une fidélité absolue aux idées et aux principes.

Le point de départ de la révélation, c'est la grâce de Dieu... « Quant à nous, dit Luther, c'est par la grâce de Dieu que nous commençons à reconnaître ses miracles et ses œuvres, même dans la petite fleur, quand nous songeons qu'il est tout-puissant et bon. »

Envisagé de ce point de vue, le monde est pour nous la révélation de la grandeur et de la sagesse de son Créateur. Le monde est l'histoire de la toute-puissance, de la sagesse impénétrable d'un être infiniment supérieur.

Le monde est une école pour l'homme. « L'histoire du monde perfectionne l'esprit de l'homme, elle élève l'âme immortelle à la conscience de la dignité et du rang qu'elle occupe dans le monde (1). »

A cette conception correspond parfaitement cette pensée, que la sagesse du Créateur « destine à l'usage » de l'homme (2) les principes immédiats des plantes, » le sucre et l'albumine. » Nous apprenons « qu'une » sagesse infinie a pris ses dispositions pour que les » aliments fussent très-inégaux dans leur richesse en » carbone (3). » Nous n'avons pas besoin de chercher avec ardeur une cause première du monde; le monde est produit « par des causes providentielles (4). »

Telle est l'idée au fond de laquelle des milliers d'âmes puisent la ferveur de leurs prières. La révélation conduit à la prière et non à la recherche scientifique, car la sagesse de la Providence est « insondable ».

C'est là qu'aboutit la logique la plus rigoureuse dans cet ordre d'idées beaucoup moins chrétiennes que païennes. Les païens n'adressaient pas leurs prières aux forces brutales de la nature, comme le croit Liebig (5), ils priaient des causes providentielles. Toute force in-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, Heidelberg, 1851, p. 28.
(2) Id., *ibid.*, p. 703.
(3) Id., *ibid.*, p. 400.
(4) Id., *ibid.*, p. 618.
(5) Id., *ibid.*, p. 28.

connue de la nature était un dieu ou un génie qu'on pouvait gagner ou fléchir par des sacrifices ou des prières.

Les idées que je viens d'emprunter aux lettres sur la chimie de Liebig n'indiquent pourtant pas suffisamment le point de vue où se place le plus grand chimiste de l'Allemagne. Car Liebig a formellement déclaré que par la révélation seule l'homme n'acquiert aucune idée de la toute-puissance de Dieu.

« La science de la nature est la voie par laquelle nous » arrivons au perfectionnement intellectuel (1). Sans la » connaissance des lois et des phénomènes de la nature, » l'esprit humain échoue dans la tentative de se faire une » idée de la grandeur et de la sagesse insondable du » Créateur. Car tout ce que peuvent représenter l'ima- » gination la plus riche, l'esprit le plus élevé, n'est en » comparaison avec la réalité qu'une bulle de savon » bariolée, miroitante et vide (2). »

Maintenant si le lecteur croit que Liebig ait aussi nettement que possible mis la science expérimentale au-dessus de la croyance aux miracles et à la révélation, et qu'après ces citations il ne reste plus rien à dire, qu'il lise avec moi le passage suivant : « La simple connais- » sance expérimentale de la nature nous impose, avec » une force irrésistible, la conviction : que ce quelque » chose (l'esprit humain) n'est pas la limite, en dehors » de laquelle il n'existe plus rien qui lui ressemble ou » qui soit plus parfait que lui. Notre perception n'at- » teint que les degrés inférieurs. Cette vérité, comme » toutes les autres, dans les sciences physiques, établit

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, Heidelberg, 1851, p. 31.

(2) Id., *ibid.*, p. 28.

» l'existence d'un être supérieur, dont nos sens ne peu-
» vent donner l'idée ni la connaissance, que le perfec-
» tionnement des instruments de notre esprit peut seul
» nous faire concevoir dans sa grandeur et sa subli-
» mité (1). »

Ainsi donc, « la connaissance des lois de la nature » rend l'homme capable de comprendre un être « dont les » sens ne peuvent lui donner l'idée ni la connaissance ».

Cela veut dire : la recherche par les sens rend l'homme capable de comprendre ce qu'on apprend sans le secours des sens, ou bien la connaissance de la nature perfectionne les instruments au moyen desquels on perçoit la vérité révélée.

Je ne puis que faire ressortir cette contradiction, il ne m'est pas possible de qualifier ce mariage de la science expérimentale avec la révélation. Lisons encore dans Liebig : « La haute valeur et la sublimité de la science
» consiste précisément en ce qu'elle sert d'intermédiaire
» au vrai christianisme. La divinité de l'origine de la
» doctrine chrétienne consiste en ce que nous ne som-
» mes pas redevables de la possession de ses vérités, ni
» de l'idée juste d'un être dont la grandeur dépasse tous
» les mondes, au procédé tout humain de la recherche
» empirique, mais à une lumière d'en haut (2). »

Certes on ne peut s'exprimer plus sincèrement, mais aussi on ne peut pas s'exposer plus justement aux anathèmes des deux partis. Le lecteur conviendra avec moi, qu'on n'aurait que faire d'apôtres, si la science de la nature servait d'intermédiaire au vrai christianisme. Christ a changé de l'eau en vin et ressuscité des morts.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 31.
(2) Id., *ibid.*, p. 29.

Loin de nous la pensée de jeter l'anathème sur qui que ce soit. Mais cette idée hybride à laquelle un savant comme Liebig s'est laissé conduire par son besoin de conciliation, personne ne la laissera passer, parce qu'elle blesse profondément la raison par la contradiction inévitable dans laquelle s'est embarrassé un homme du plus haut mérite.

Si nous ne pouvons nous représenter le Créateur sans connaître les lois de la nature, à quoi nous sert la révélation? Si nous ne pouvons recevoir les vérités les plns sublimes que d'une lumière d'en haut, invisible à nos sens, à quoi donc nous sert l'étude des phénomènes et des lois de la nature? Si Christ, avec un petit nombre de pains et un nombre encore plus petit de poissons, a rassasié des milliers d'affamés, la vérité révélée l'emporte sur la vérité naturelle; au contraire, si nous ne pouvons arriver à la vérité suprême, sans la connaissance des lois de la nature, ces milliers d'hommes n'avaient pas faim. L'une de ces hypothèses exclut l'autre irrévocablement.

L'hybridité de cette conciliation conduit au mensonge l'homme qui manque de sincérité, et à l'inintelligible l'homme de bonne foi.

Du moment que Liebig parle des lois de la nature en face du Créateur, n'est-il pas inintelligible? Les lois de la nature sont l'expression la plus rigoureuse de la nécessité; mais la nécessité exclut la création; donc ce n'est pas au moyen des lois de la nature qu'on peut comprendre le Créateur, et si quelqu'un croit de bonne foi le comprendre, un bon nombre d'hommes le tiendront, avec raison, pour inintelligible.

Ne nous étonnons donc pas que Liebig ne fasse pas dépendre le développement de l'humanité de la loi du

progrès, mais de l'arbitraire et de la grâce, sans cela il accorderait que l'esprit de l'homme le plus cultivé ne peut rien imaginer de contraire à la nature, et que la pure création du génie de l'homme ne peut pas être comparée à une bulle de savon vide. D'après Liebig, sir Robert Peel n'aurait été que l'instrument dont la Providence s'est servie pour supprimer en Angleterre les droits d'entrée sur les céréales (1).

La science et la foi, ces deux modes d'activité de l'homme tâchent d'expliquer la dépendance de l'individu, de l'espèce et du cours du monde.

Ce qui distingue le point de vue de la révélation de celui de la science, c'est qu'il relie un effet à une cause à laquelle on n'arrive qu'en passant par d'innombrables intermédiaires *inconnus*. Cette cause fut diversement appelée, suivant les degrés de civilisation, les Grecs et les Romains l'appelèrent autrement que les chrétiens, la Bible l'appelle autrement que le savant. Mais ce qui les a tous poussés, c'est le même besoin de se reporter en arrière, c'est le même sentiment de dépendance, à l'aide duquel Schleiermacher et Feuerbach expliquent la religion. Seulement le savant ne se contente pas d'une cause lointaine, dont il ne peut se faire aucune idée; pour chaque phénomène, il cherche l'origine la plus voisine, pour chaque origine une raison, il remonte toujours en arrière aussi loin que les sens peuvent le porter.

Le rapport logique de la cause à l'effet est sa loi, et cette loi, il ne se la laisse pas imposer par la révélation, il veut la trouver par la science expérimentale.

La recherche exclut donc la révélation. Toute tenta-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 646.

tive de conciliation échoue devant les contradictions. Nous avons vu Liebig y perdre sa clarté.

Accumuler des exemples pour démontrer qu'une contradiction inconciliable sépare les lois de la nature de l'idée de la toute-puissance d'un créateur du monde, et cela dans le pays même où Louis Feuerbach a écrit son immortelle critique de l'essence du christianisme, n'est-ce pas porter de l'eau à la rivière? On ne peut qu'admirer ou l'abnégation profonde, ou la singulière obscurité de ces savants qui ne se lassent pas de chercher une mesure ou une règle pour ce monde, où un fait de la volonté toute-puissante qu'ils supposent peut affranchir subitement de la loi de causalité la marche incertaine des phénomènes.

DEUXIÈME LETTRE.

ORIGINES DES CONNAISSANCES DE L'HOMME.

Tant que la science de la nature, chez les Grecs, ne s'étendit pas au delà de l'observation des trois états de la matière, que nous appelons solide, liquide et gazeux, les sages de la Grèce enseignèrent qu'il existait quatre éléments. A la terre, à l'air et à l'eau, ils ajoutaient le feu, qui a le pouvoir de transformer la glace en eau et l'eau en vapeur.

Plus tard, dans la chimie moderne, on conçut l'élément sous l'idée d'un corps que nos moyens artificiels ne peuvent décomposer en des substances de propriétés différentes. Le nombre des éléments, c'est-à-dire des corps simples, s'accrut. Il y a quelques années on en connaissait cinquante. On en compte aujourd'hui plus de soixante.

Il en fut de même du nombre des planètes; chaque jour il en est de même pour les plantes et les animaux. A mesure que se multiplient les observateurs, on voit s'accroître le nombre des corps, des éléments, des étoiles, des plantes, des animaux qui tombent dans le domaine des sens de l'homme.

Chose étrange et pourtant vraie, il y a des hommes versés dans les sciences qui font à la philosophie un reproche de ce que le flambeau des idées générales, qu'elle allume au centre du cercle des connaissances positives d'une époque donnée, ne projette pas sa lumière au delà du rayon de ce cercle.

Ce reproche est étrange, surtout de la part d'une école qui se donne avec complaisance le nom d'école historique. Comme s'il n'était pas tout naturel, autant que nécessaire, que la philosophie n'ait pas été autre chose que l'expression abstraite de la somme des faits conquis par les sens de l'homme dans le temps correspondant. C'est naturel et nécessaire, puisque l'histoire de tous les siècles nous le démontre d'une manière frappante.

Pour quelle raison porte-t-on si fréquemment cette accusation contre la philosophie? Il n'y en a pas d'autre que celle-ci : c'est qu'il est encore des savants qui séparent la philosophie de la science.

Tout le monde sait avec quelle rapidité l'humanité grandissante est sortie de cet âge d'or classique dans lequel la pensée la plus profonde était indissolublement liée au savoir le plus étendu. Philosopher, c'est penser; savoir, c'est connaître des faits dans le domaine de la nature, de l'art et de la politique. L'union de la philosophie et de la science ne s'est réalisée qu'une fois dans Aristote, qui donna à la science un système, à l'art des règles, à l'état des principes. Aristote pouvait accomplir cette triple tâche, parce qu'il avait appris à connaître à la fois les œuvres d'art, les hommes et les animaux par une étude personnelle, et qu'il avait converti le fruit de cette étude en idées générales.

Par la suite, la philosophie resta si longtemps serve

des observations des prêtres et des adeptes de la magie, qu'il n'y a rien d'étonnant qu'on ait voulu en retour lui asservir l'expérience.

C'est la séparation des deux tendances dont l'union peut seule satisfaire les besoins d'un homme mûri, qui explique cette accusation, d'ailleurs si absurde, que la philosophie ne peut sauter par-dessus son ombre.

Au moyen âge, quand on délaissa la nature pour pousser jusqu'à l'extrême le délire de l'intelligence réduite à elle-même, les sens et la pensée se rabougrirent. La rigueur des prétentions ecclésiastiques et l'arbitraire des jeux de l'école régnèrent en maîtres sur la raison. Aussi ce fut un signe de rétablissement des esprits malades, quand on les vit tourner fièrement le dos à la tradition des anciens pour s'abandonner, avec toute la chaleur d'une fécondité nouvelle, aux affinités mystérieuses qui unissent la nature révélatrice aux sentiments de l'homme.

« Les vrais professeurs, disait Paracelse, ce sont les yeux qui se plaisent à l'expérience. » Il donnait en ces termes le mot d'ordre d'une époque, qui estima comme son Luther le grand anatomiste de Bruxelles, Vésale, et sonda le cœur et les reins de l'homme.

Mais la route de l'expérience est longue, et nous ne savons pas jusqu'à quel point on l'a déjà frayée. Ne soyons pas trop étonnés si ceux qui la parcourent regimbent contre l'idéaliste qui lui obscurcit la lumière des faits.

D'un autre côté il était aussi naturel que la philosophie cherchât longtemps à esquiver le courant de l'expérience grossière pour tenter, à l'aide d'un fonds donné de faits constatés, de déterminer à elle seule les lois de la pensée.

Alors se formèrent l'alchimie et l'astrologie, et cette médecine qui, durant tant de siècles, a mis au jour beaucoup de symptômes et de remèdes, je l'accorde, mais à peine une seule loi. Alors naquit cette logique, formulaire de la philosophie scolastique, dans laquelle les meilleures têtes de l'Allemagne reconnaissent un chemin détourné et plein d'épines qui ne les a conduits qu'à travers bien des obstacles à leur développement intellectuel.

Heureux si cette déclaration mettait fin à l'antagonisme et si je pouvais dire simplement qu'on comprend le sens de la séparation de la philosophie et de l'expérience, et que, par conséquent, leur réconciliation est assurée.

Beaucoup de savants de notre ère, dont Vésale et Luther furent les initiateurs, séparent la philosophie de l'expérience parce qu'ils croient aux idées innées.

Depuis Kant, on s'est complu à considérer la mathématique comme une science pure. Elle serait à priori une manifestation de la pensée humaine indépendante de l'expérience.

On enseigne aux enfants qu'ils peuvent s'élever au sommet le plus élevé de la pensée affranchie des sens, s'ils veulent partir de quelques prémisses, qui seraient venues au monde avec eux en qualité de propriétés de leur entendement, et n'auraient besoin que d'être réveillées.

Le mathématicien les appelle axiomes, et il persuade les enfants et les hommes avec des propositions comme celles-ci : Le tout est plus grand qu'une partie; le tout est égal à la somme de ses parties. Et pourtant l'enfant ne connaît pas ces vérités, à moins d'avoir vu cent fois disparaître une pomme quand on la coupe en

quatre et qu'on en distribue les morceaux à quatre petits garçons.

L'espace et le temps ne sont rien moins que des idées indépendantes des sens. Pour Kant, ce seraient des concepts qui relèvent de la sensibilité. C'est trop peu dire. L'espace et le temps font plus que de relever de la sensibilité, ce ne sont pas de purs concepts. L'espace et le temps sont des notions, et des notions qu'on n'aurait jamais trouvées sans le secours des perceptions faites par les sens du *simultané* et du *consécutif*. Bien plus, on a dû percevoir un changement dans l'espace avant de concevoir une différence de temps. C'est en suivant le mouvement du sable dans le sablier et en comptant les oscillations du pendule qu'on a trouvé le moyen de mesurer le temps, en se servant des changements opérés dans l'espace. Et réciproquement, on mesura l'écartement de deux endroits par le temps, c'est-à-dire, encore et comme toujours, par la perception sensible du mouvement de l'aiguille d'une horloge, ou de l'ombre du cadran, ou du sable dans le sablier. Il fallait toutes ces perceptions des sens pour qu'on pût s'élever aux notions d'espace et de temps.

Pourtant Liebig parle des « sens bornés de l'hom- » me » (1) et fait grand bruit de l'idée, parce que « per- » sonne ne sait d'où elle vient » (2).

Tant que cette opinion trouvera des défenseurs du génie et de la science de Liebig, il faudra que le monde nouveau travaille pour la conquête d'un principe élémentaire qu'Aristote possédait déjà, à savoir : que toute vérité vient des sens. Il n'y a rien dans notre entendement qui ne soit entré par la porte de nos sens.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 482.
(2) Id., *ibid.*, p. 71.

Celui qui peut se reporter effectivement en arrière, au temps de l'enfance, y rencontre facilement une époque caractérisée par un impatient désir de penser. L'enfant mûrit. L'œil et l'oreille cherchent avec plus d'avidité à saisir les êtres nouveaux qui prêtent à la terre leur charme et leur fraîcheur. Mais cette pensée, dont on nous parle d'un air inspiré, ne veut pas se montrer. L'enfant croit n'avoir pas de pensée, parce qu'il s'imagine que c'est quelque chose de tout particulier, parce qu'il ne sait pas encore que tout travail qui se fait sur une sensation est une idée, qui l'exerce et en fait un penseur. Sans doute cette soif ardente qu'on a de penser ne provient pas seulement de cette ignorance. A cette période de la vie, les pensées nous paraissent pauvres, parce qu'il y manque cette plénitude de faits qui engendre l'idée.

Tous les faits, l'observation d'une fleur ou d'un insecte, la découverte d'un monde ou l'examen des caractères de l'homme, que sont-ils, sinon des rapports des objets à nos sens? Si le rotifère a un œil composé d'une simple cornée, ne recevra-t-il pas d'autres images que l'araignée, qui nous présente un cristallin et un corps vitré? Voilà pourquoi le savoir de l'insecte, ou la connaissance des effets qui composent le monde extérieur pour l'insecte, n'est pas le savoir de l'homme. La connaissance de ces rapports avec les instruments de sa propre perception, voilà la limite qu'aucun homme, aucun dieu ne peut franchir.

De la sorte, nous savons, à vrai dire, tout pour nous, nous savons comment le soleil brille pour nous, comment la fleur exhale son parfum pour l'homme, comment les vibrations de l'air frappent une oreille humaine. On a appelé cela un savoir borné, un savoir humain

produit par les sens, un savoir qui ne connaît l'arbre que comme il est pour nous. C'est peu, dit-on, il faut savoir comment l'arbre est en soi, pour ne pas conserver plus longtemps la folie de croire qu'il soit tel qu'il nous paraît être.

Mais où est-il, cet arbre en soi qu'on cherche? Tout savoir ne suppose-t-il pas un sujet, et par conséquent un rapport entre l'objet et l'observateur? que l'observateur soit un ver, un scarabée, un homme, un ange même, s'il y en a. Du moment où il y a deux choses telles que l'arbre et l'homme, il faut nécessairement pour l'arbre aussi bien que pour l'homme, que le premier soit avec le second dans un rapport qui se manifeste par l'impression sur l'œil; sans un rapport avec l'œil, dans lequel il envoie ses rayons, il n'y a pas d'arbre; c'est précisément par ce rapport que l'arbre est en soi.

Tout être est un être par ses propriétés, mais il n'y a pas de propriété qui soit autre chose qu'un rapport.

L'acier n'est dur que parce qu'on l'oppose au beurre qui est mou, la glace n'est froide que pour la main chaude, l'arbre n'est vert que pour un œil sain.

Le vert n'est qu'un rapport de la lumière avec notre œil; donc la feuille verte est en soi par la raison qu'elle est verte pour notre œil.

Mais alors il n'y a plus de différence entre la chose telle qu'elle est pour nous et la chose en soi. Si un objet n'est que par son rapport avec d'autres objets, par exemple, par son rapport avec l'observateur, si la connaissance d'un objet se réduit à celle de ses rapports, toute notre science n'est qu'une science objective.

Sans doute il ne faut pas oublier que l'impression produite sur les sens peut n'être qu'apparente et erro-

née. Un enfant croit qu'on peut prendre la lune avec les mains, et cependant la valeur du savoir humain n'en est pas amoindrie, car le savoir humain n'est pas le savoir d'un enfant, celui de tel homme ou de telle femme, c'est le savoir de l'humanité.

Il n'est ni dans Aristote ni dans Galien, pas davantage dans Newton ou Cuvier, il n'est pas dans le dix-neuvième siècle, il n'est pas dans une période de temps isolée du reste.

Pourquoi? par une raison bien simple. D'abord la force des sens de l'enfant se développe, il apprend à voir et à prendre; de même pour l'espèce, l'humanité apprend à comparer la terre et l'air suivant leurs caractères les plus grossiers, puis l'animal avec l'animal et l'animal avec la plante; elle s'arrête longtemps aux formes extérieures, elle est toute heureuse de savoir par quels signes on peut distinguer sûrement le cheval de l'âne, et même l'âne le plus grand du cheval le plus petit.

Mais dès que l'œil est armé d'instruments, l'homme mesure l'éloignement des étoiles et examine les cellules et les fibres les plus déliées des viscères du cheval.

En un mot, le perfectionnement des sens est la base du progrès de la science.

Nous possédons d'excellents ouvrages sur l'histoire des batailles et des gouvernements, des journaux exacts des faits et gestes des rois, des catalogues minutieux des créations des poëtes; mais les matériaux qui serviraient le plus à une histoire de la civilisation de l'homme dans l'acception la plus complète du mot, personne ne les a encore rassemblés. Il nous manque une histoire du développement des sens. Et quelle superbe récompense ne serait pas le partage d'un auteur qui, avant

tout, réunissant la connaissance de la nature, dont on ne peut se passer, et la faculté d'exposer avec vigueur et clarté, pourrait dépeindre comment le télescope a chassé la terre de la place privilégiée qu'elle occupait au centre du monde (1), comment le microscope a déduit la parenté de l'homme, des animaux, et des plantes de la parenté de leurs germes, comment la balance a démontré que la matière est impérissable, comment un appareil électrique nous apprend à voir dans l'homme une émanation des lois de la nature.

Je viens de laisser voir involontairement pourquoi nous n'avons pas d'histoire du développement des sens. Elle doit nécessairement nous manquer, puisque c'est à présent même que l'humanité accomplit, plus énergiquement que jamais, les faits de cette histoire. La conscience ne vient qu'après l'action.

En conséquence on ne devrait pas se plaindre de l'extrême division des sciences. De notre temps les conquêtes des sens se précipitent avec la même impétuosité dans le domaine des sciences que dans le torrent de la vie. D'une part le courant électrique du télégraphe nous transmet avec la rapidité de l'éclair à travers la Manche la pensée des Anglais, et nos relations incessantes par les chemins de fer tournent les obstacles opposés à la presse et à la liberté de l'enseignement. D'autre part le savant découvre dans les rapports de la lumière avec les cristaux, un auxiliaire raffiné des yeux et des organes du toucher. Par ce moyen il pénètre aussi profondément dans l'arrangement des molécules

(1) Voyez Karl Snell, *Newton und die mechanische Naturwissenschaft*, Dresde et Leipzig, 1843, p. 21, 43, ou, mieux encore, tout le livre que devraient lire tous ceux qui veulent connaître la tendance dominante de la manière actuelle de considérer le monde.

d'un corps régulier, qu'avec le courant électrique dans la texture délicate des nerfs, ces organes du mouvement, de la sensibilité et de la pensée de l'homme (1).

Nous connaissons des corps dont les formes cristallines présentent à peine une différence, mais qui ne se comportent pas de la même manière avec le rayon de lumière polarisée. Cette différence nous apprend positivement que leurs molécules sont arrangées autrement dans les deux cristaux (2).

Les procédés les plus délicats d'observation des phénomènes électriques démontrent que dans chaque mouvement qu'un nerf de notre corps produit, il se fait un changement dans le courant électrique de ce nerf. Ce fait a été découvert pour la première fois le 18 novembre 1847 (3).

Le perfectionnement des moyens d'observation, et

(1) « La connaissance de la statique et de la dynamique des nerfs que nous pouvons acquérir par le moyen de simples opérations, en les piquant, coupant, pinçant, brûlant, liant, se complète par celle que nous révèle le courant électrique, à peu près comme la connaissance de la nature du cristal, qui résultait de la simple exposition de ses plans de clivage, s'est complétée par l'immensité de rapports subtils, que nous a dévoilés une exploration très-délicate, au moyen des molécules de l'éther en vibration. » — Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. Berlin, 1848, 1, 407.

(2) Ainsi, par exemple, le malate acide d'ammoniaque qu'on peut extraire de l'asparagine et le malate acide d'ammoniaque que Dessaignes nous a appris à préparer avec le fumarate acide d'ammoniaque, ces deux combinaisons cristallisent en prismes réguliers à base rhomboïdale, mais la première dévie le rayon de lumière polarisée et la dernière ne le dévie pas. — Pasteur, *Comptes rendus*, t. XXXIII, 218, 219.

(3) Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. Berlin, II, 512.

en particulier celui des instruments de mesure, opère en silence ses créations dans le laboratoire du savant; tandis que la locomotive soufflante et mugissante qui dévore l'espace peut faire sentir aux yeux et aux oreilles des gens les plus incapables d'attention, la puissance croissante avec laquelle l'homme embrasse le monde.

La multiplication des instruments d'observation est au moins aussi utile que l'accroissement de leur finesse et de leur précision qui se rapproche toujours plus de la perfection. Il n'y a pas encore bien longtemps que de bonnes balances, de bons microscopes étaient la propriété rare de quelques privilégiés qui souvent se prévalaient de leur mystérieux trésor, et annonçaient au monde des oracles d'une profonde sagesse, que bien peu de gens vérifiaient. Aujourd'hui les microscopes sont partout en activité. Quand un observateur d'Europe se trompe, un observateur d'Amérique le redresse et réciproquement. Et comme il y a plus de cinquante chimistes qui, au moyen de leurs balances de précision, pèsent le même corps desséché au même degré de température, et traitent de même les éléments qu'ils en extraient en le décomposant, nous ne pouvons pas douter qu'un petit nombre d'années ne nous fasse faire plus de progrès dans la connaissance de la composition intime de la matière que les plus hardis penseurs des siècles passés n'ont osé l'espérer.

Doit-on se plaindre de l'extrême division des sciences quand, grâce à ce perfectionnement de la force de préhension des sens, les faits s'accumulent au point qu'un individu en est trop souvent réduit à ne pouvoir, malgré ses efforts, rester maître, même dans un espace restreint, de ce mouvement sans relâche? Ou bien doit-on bâtir tranquillement sur l'idée unitaire qui tire tout

savoir du rang de connaissance pour l'élever à celui de la philosophie et voir se préparer l'avenir dans lequel les gigantesques provisions de matériaux que rassemble la génération nouvelle s'agrégeront pour former un chef-d'œuvre organique?

Le développement des sens est la base du développement de l'intelligence humaine.

Dès que l'homme aura découvert toutes les propriétés de la matière qui peuvent faire impression sur ses sens développés, il aura embrassé l'essence des choses. Il possédera sa science, c'est-à-dire la science absolue de l'humanité. Pour l'homme il n'y en a pas d'autre (1).

En démêlant le général dans les propriétés des corps, dans les caractères des divers phénomènes, nous arrivons à la loi.

D'après les vieilles idées des philosophes qui ne voyaient qu'un côté des choses, la loi serait un principe premier de l'entendement, l'observation des sens en procéderait. La loi serait une mesure indépendante que l'esprit, avec l'aide des sens, appliquerait aux phénomènes. C'est la vérification qu'on a pris pour la découverte des lois.

En dégageant d'une série de faits ce qu'il y a de général, je traduis les faits en une idée, les rapports des objets avec les sens en un rapport avec le cerveau. Le caractère d'une pensée, c'est qu'elle est la création du cerveau humain. Mais le principe fécondant est avant tout la perception par les sens.

Quand j'ai extrait l'idée générale des détails, j'examine ses titres au nom de loi. Si toutes les observations

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und Thieren*. Erlangen, 1851. Introduction, p. 12.

que je fais ensuite sont d'accord avec cette idée, la loi est trouvée. Souvent je vais de la sorte, armé d'une idée, à la recherche de nouveaux faits, j'éprouve par l'expérience la loi présumée, je la soumets à diverses conditions. Mais à la base de cette idée générale, de cette loi présumée, il y a toujours eu une série d'observations.

Ainsi on ne peut trouver de loi que par l'expérience. Mais, dira-t-on, l'explication de la loi est cependant un pure acte de la raison, sans aucune intervention des sens. Nullement. Une bonne explication ne fait que nous ramener à la description d'un fait déjà connu. J'explique la loi de l'amour en décrivant la loi de l'affinité. L'explication est juste quand l'une des descriptions concorde avec l'autre.

Quand toutes les lois seront décrites sans qu'il reste en arrière une seule contradiction, le monde sera expliqué pour l'homme.

Une fois pour toutes, il résulte de là que la loi est une idée générale induite des caractères sensibles. On ne pense, on ne trouve la loi qu'après des expériences. C'est donc à tort que Liebig s'écrie : « C'est la loi qui » construit le tout (1). »

Liebig et les philosophes de la nature, en prenant ce mot dans sa plus mauvaise acception, partent du même point de vue, qu'on a condamné justement, mais qu'on a trop souvent méconnu. Tant qu'on croira que la loi construit le monde au lieu d'en être le résultat et d'en recevoir sa lumière, l'esprit humain dormira dans les ténèbres et l'on opposera l'idée à l'expérience.

Parmi les savants qui croient à cette opposition, il

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 32.

en est qui s'imaginent faire une grande concession en adhérant à l'opinion, que la philosophie a besoin de l'expérience et qu'en revanche l'expérience ne peut exister sans la pensée.

Mais c'est peu. Pourvu qu'on accorde que la pensée n'est que la page sur laquelle viennent s'inscrire les faits, et qu'elle n'ait d'autre privilége que celui de les raconter, privilége qui relève de l'observation et des sens, la gloire de la science est fondée. Dès que l'observation est en même temps une idée, dès que l'entendement voit avec conscience, l'opposition entre la philosophie et la science est détruite.

Bref, il n'est pas ici question d'assistance mutuelle fondant la nouvelle alliance de la philosophie et de l'expérience. L'expérience doit se réduire à la philosophie, la philosophie à l'expérience.

On ne nous appellera donc plus avec dédain des manœuvres qui entassent comme des fourmis; mais en revanche qu'on ne flagelle pas du nom de rêverie philosophique la pensée qui vit partout dans la matière.

TROISIÈME LETTRE.

INDESTRUCTIBILITÉ DE LA MATIÈRE.

Le 8 mai 1790 on entreprit à Paris, sur la proposition de Talleyrand, un travail dont les générations à venir apprécieront de plus en plus l'influence, parce qu'il a enrichi les sens de l'homme d'un moyen d'investigation qui n'a encore été surpassé par aucun autre, et qui ne peut l'être pour la généralité de son application. La fin du siècle dernier a doté le monde d'une unité de poids basée sur un fondement si solide, que la destruction de tous les poids et de toutes les mesures, qui existent aujourd'hui, ne pourrait nous causer un embarras durable. Pour trouver cette unité on a mesuré la dix-millionième partie d'un quart du méridien terrestre. Cette mesure de longueur est le mètre. Sa précision a pour garants les noms des Coulomb, des Lagrange, des Laplace et des Lavoisier. Avec l'unité de mesure on avait l'unité du poids. On appela le poids d'un décimètre cube d'eau pure : kilogramme.

La longueur du mètre vaut un peu plus de 3 pieds du Rhin. Le kilogramme vaut 1 litre d'eau, 2 bonnes livres de Prusse, exactement 2 livres en Suisse; dans le

grand-duché de Bade et dans la Hesse, et la nouvelle livre hollandaise qui est double de l'ancienne.

De la précision dans les mesures et les poids dépendait également le perfectionnement de la chimie, de la physique et de la physiologie. La mesure et le poids sont des juges inflexibles placés au-dessus de toutes les opinions qui ne s'appuient que sur une observation imparfaite.

Avant que Lavoisier eut appliqué ce guide fidèle à l'étude de la combustion, on croyait qu'un *phlogistique* habitait l'intérieur des corps combustibles, et que c'était l'expulsion de ce phlogistique qui constituait la combustion. Lavoisier démontra que les produits de la combustion sont toujours plus pesants que le corps consumé. Quand du bois brûle il se forme de l'acide carbonique, de l'eau, de l'ammoniaque et de la cendre. L'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque et la cendre ensemble sont plus lourds que n'était le bois. Leur poids est augmenté exactement du poids d'un élément de l'air avec lequel le bois se combine pendant la combustion. La combustion n'est pas autre chose qu'une absorption d'oxygène, le poids de l'oxygène augmente le poids du corps qui brûle. Tous les corps doivent donc devenir plus lourds par la combustion.

Le poids seul a fourni cette preuve au génie créateur de Lavoisier; dès lors le phlogistique de Stahl, qui aurait dû rendre les corps plus légers avant la combustion, fut irrévocablement renversé.

L'opinion surannée de Stahl ne venait pas d'une erreur de la pensée, mais de l'insuffisance de l'observation. Mais cette idée d'un poids négatif qui devait succomber sous l'effort d'une observation perfectionnée, n'avait d'ailleurs aucune raison d'être. Une matière

qui rend un corps plus léger par sa présence, était en contradiction avec toutes les perceptions de l'homme; un phlogistique qui, en quittant un corps, en augmenterait le poids, serait une force sans matière, ce qui, dans la réalité, n'a jamais rien signifié.

On se plaint que la médecine reste en arrière de toutes les autres sciences; la raison de ce fait reconnu, c'est qu'on n'y emploie pas les mesures et les poids. Il est vrai qu'il faut d'abord connaître la matière qu'on doit peser. Il faut donc avant tout que les savants physiciens et chimistes viennent en aide aux médecins : seuls ils méritent le blâme, ces savants dédaigneux qui estiment peu l'action de la médecine, et, satisfaits de la certitude de leurs recherches sur la pierre et l'acier, esquivent les difficultés que le corps vivant oppose à l'expérimentation. Les médecins qui ne font pas usage consciencieusement du progrès de la chimie et de la physique, méritent plutôt le nom d'infirmiers que celui de médecins; ils n'appartiennent pas à la science et ne sont pas capables de rendre compte de leurs actes devant son tribunal.

Au contraire, en tous temps, la médecine a plutôt mérité le reproche d'avoir, avec trop d'enthousiasme, vanté et exploité les découvertes des sciences physiques, que celui d'être restée, plus qu'il ne fallait, en arrière de son but élevé.

La médecine n'en serait pas là aujourd'hui si les médecins avaient pu, depuis cinquante ans seulement, expérimenter avec la balance une matière connue, au lieu de rêver des systèmes. Celui qui connaît les travaux de Liebig, de Mulder, de Regnault, d'Andral sait que ces cinquantes années ont déjà commencé. Et certainement le temps s'avance où un savant, aussi éloquent que

Liebig, imitant ce qu'il a fait pour la pierre philosophale, donnera la vie et la lumière aux efforts que font aujourd'hui les médecins, et méritera la reconnaissance de la postérité (1).

Au moyen de la balance, on obtient la quantité des produits volatils de la combustion aussi exactement que celle de la cendre. La balance nous apprend que l'acide carbonique, qui représente le produit principal de la combustion, augmente le poids des plantes, fait pousser comme par enchantement la verdure dans les champs, au printemps, et change un rameau de quelques feuilles en une forêt. Si nous brûlons le bois accumulé dans la forêt, un nouveau courant d'acide carbonique affluera vers les fruits de nos champs. Le fruit nourrira l'homme, et l'urine fumera le champ. A travers ces milliers de changements, la balance suit la piste de la matière.

La forêt n'amasse pas une plus grande quantité de carbone que l'air et la terre ne lui en présentent; l'air ne contient qu'une quantité limitée d'oxygène, de là une limite à la combustion. A l'étendue de la combustion correspond la quantité de l'acide carbonique, à celle-ci le poids de l'herbe, et cette herbe nous la retrouvons dans les excréments de la vache, dans son urine et ses autres sécrétions. Il ne se perd pas la plus petite parcelle de matière.

Les excrétions de l'homme nourrissent la plante, la plante transforme l'air en principes immédiats solides et nourrit l'animal; les carnivores vivent d'herbivores, eux-mêmes deviennent la proie de la mort et répandent sur le monde végétal de nouveaux éléments de vie.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, p. 62.

C'est ce qu'on appelle l'échange de la matière. Ce mot est juste, et on ne le prononce pas sans un sentiment de respect, car, de même que le commerce est l'âme des relations entre les hommes, de même la circulation éternelle de la matière est l'âme du monde.

Dans un système où toutes les choses attirent et sont attirées réciproquement, rien ne peut se perdre. La quantité de matière reste toujours la même (George Forster) (1).

Puisque la quantité de matière ne peut augmenter ni diminuer, les propriétés de la matière sont de toute éternité. C'est encore la balance qui a démontré définitivement qu'aucune substance d'un corps vivant ne possède une propriété qui ne lui ait été apportée du dehors avec la matière. Les plantes et les animaux ne transforment les matières que par les matières qu'ils empruntent au monde extérieur. Toute l'activité que déploient l'arbre dans sa croissance, et le lion dans le combat tire sa source des combinaisons et des décompositions de la matière qui leur vient du dehors.

Aucun élément digne de ce nom ne peut être transformé en un autre. Le fluor est, de tous les corps simples qui se rencontrent à l'état normal dans le corps humain, celui qui y est contenu sous la plus petite quantité, mais il ne peut manquer ni dans les os, ni dans les dents, ni dans le sang. Nous savons, par les recherches les plus récentes, que nous puisons ce fluor dans les semences des céréales et dans le lait qui, sans fluor, ne serait pas un aliment complet pour le nourrisson (2).

(1) George Forster, *Ein Blickin das Ganze der Natur. Sämmtl. Schr.*, IV, p. 314.

(2) James Müller et Blake ont, il y a quelques années, démontré,

Le mouvement des éléments, la combinaison et la séparation, l'absorption et l'élimination, voilà le contenu de toute activité sur la terre. L'activité s'appelle la vie, quand un corps maintient sa forme et son état général de composition en dépit des modifications continuelles des molécules matérielles qui le composent(1).

Voilà pourquoi nous parlons de l'échange de matière dans les êtres vivants. Le corps brut, le rocher tombe en poussière, perd de sa matière, et partant, change de forme. L'échange des matières qui entretient la conservation de la forme d'une part, et de l'autre la destruction de la forme par l'effet de l'usure de la matière, voilà les caractères qui distinguent les êtres vivants des corps morts.

Livrées sans relâche à l'action de l'acide carbonique, de l'eau et de l'oxygène, les montagnes sont destinées à tomber en poussière. Le protoxyde de fer est une combinaison de fer et d'oxygène qui contient moins d'oxygène que le peroxyde; quand le protoxyde se transforme en peroxyde en absorbant de l'oxygène, il devient rouge. C'est ce que nous voyons tous les jours, quand la terre des champs prend, après avoir été retournée, une couleur gris rougeâtre. L'eau dissout le gypse; l'eau chaude, sous une haute pression, dissout le feldspath; l'eau associée à l'acide carbonique dissout le quartz.

Tous ces effets se produisent avec une extrême len-

sous la direction de Will, l'existence du fluor dans l'orge. Wilson l'a trouvé dans le sang et le lait. — *Froriep's Notizen*, 1850, n° 215.

(1) Voyez mon article « *Nahrungsmittel* », publié dans le recueil *Gegenwart* de Brockhaus. Voyez aussi *Physiologisches Skizzenbuch* von Jac. Moleschott; Giessen, 1861, 1. Die Kraftquellen des Menschen.

teur, mais la rapidité de l'effet est compensée par la durée de l'action. Si dans une écurie ou au-dessus du fumier les fenêtres se ternissent, si le granit perd son brillant c'est que les mêmes puissances de dissociation sont partout en activité.

On connaît le poids de l'oxygène, qui transforme le protoxyde de fer en peroxyde, celui de l'eau, qui enlève au feldspath son silicate de potasse, celui de l'acide carbonique, qu'il faut pour ravir au sable une partie de sa chaux. Le chimiste a pesé la faux du temps.

Le granit tombe en poussière parce qu'il se combine avec la faux du temps; l'acide carbonique, l'eau, l'oxygène sont des puissances qui pulvérisent les plus durs rochers, et les entraînent dans le courant dont la circulation produit la vie. Le feldspath s'effleurit et la plante trouve plus tard dans le champ le silicate de potasse soluble qui lui permet de croître. C'est par la décomposition de l'apatite, si riche en phosphate de chaux et qui contient en outre une quantité considérable de fluor, que l'acide phosphorique et le fluor parviennent à l'orge, à notre sang, à nos os (1).

La destruction sert de base à la construction; donc le mouvement ne sera pas interrompu; c'est la garantie de la vie.

L'immutabilité de la matière, de sa masse et de ses propriétés et l'affinité réciproque des éléments, c'est-à-dire le penchant à se combiner entre eux en vertu de l'opposition de leurs propriétés, tels sont les fondements sur lesquels repose l'éternité de la circulation.

(1) G. Rose, *Erdmann's Journal für pracktische Chemie*, LIII, 150; voyez aussi Bromeis, dans *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXIX, 6-7.

L'indestructibilité de la matière se manifeste dans le rocher qui tombe en poussière.

Ainsi donc, la faux du temps n'est rien moins qu'une puissance destructive. L'artiste lui-même ne devrait pas se désespérer quand il voit de siècle en siècle tomber en poussière le bloc de marbre d'un temple que l'art avait revêtu d'un caractère sacré. Le marbre demeure, et avec lui l'étincelle de Prométhée qui créera un nouveau chef-d'œuvre, car la matière est impérissable.

QUATRIÈME LETTRE.

CROISSANCE DES PLANTES ET DES ANIMAUX.

On trouve en quelques endroits, chez les nègres montagnards de la Guinée, une plante qu'on conserve dans des pots pleins d'eau auprès de la porte des habitations (1). Cette plante nage sur l'eau à la manière des lentilles de mer et recouvre en grande abondance les eaux tranquilles, en particulier à Cuba, Saint-Domingue et les parties du continent américain qui en sont voisines. Par cette précaution on se procure de la fraîcheur comme dans l'Inde par l'arrosement du sol. L'eau s'évapore extrêmement vite par les feuilles; Isert, médecin danois, a trouvé qu'un vaisseau plein d'eau contenant cette plante laisse dégager dans l'air, dans un même temps, six fois autant de vapeur d'eau qu'un autre qui n'en contient pas.

Cette évaporation est une des causes les plus puissantes de l'absorption que les racines des plantes font des matières dissoutes.

C'est une idée très-répandue parmi les gens du

(1) Pistia stratiotes, L. Forster, *Sämmtl. Schr.*, V, 349.

monde, que les racines des plantes pompent comme le ferait une éponge, les sucs répandus autour d'elles dans la terre; cependant dans les plus fines fibres radicales, il n'y a pas trace de conformation spongieuse. Les matières dissoutes passent dans les racines en vertu d'une propriété générale des membranes tirées des corps vivants. Ces membranes, même quand elles séparent entièrement l'un de l'autre deux liquides, permettent qu'il s'opère entre eux un échange.

Si on prend un tube de verre ouvert à ses deux extrémités, si, après avoir fixé à l'un des bouts l'épiderme d'une feuille de cactus, d'aloès ou de n'importe quelle autre plante, on verse dans l'intérieur du tube, par l'autre extrémité, une solution de sel de cuisine, et qu'ensuite on suspende le tube librement, le sel ne traverse pas la membrane si elle est convenablement attachée. Mais si l'on place le tube dans un verre d'eau distillée, en peu d'instants le sel de cuisine passe du tube dans l'eau pure extérieure, et en même temps la colonne de liquide augmente dans le tube, car l'eau remonte vers l'eau salée, contre la direction de la pesanteur, plus vite que le sel ne traverse la membrane de séparation pour aller dans l'eau du vase.

Ainsi, au moyen de l'eau qui est dans le tube, on peut, en un temps relativement court, élever jusqu'au bout supérieur du tube une partie du sel qui d'abord n'allait pas plus haut que la moitié. L'eau passant plus vite à travers la membrane de séparation dans le sens de l'eau salée, le tube se remplit bientôt jusqu'à son bout supérieur ; si l'on incline le tube, une goutte d'eau salée déborde sur l'orifice supérieur, l'eau s'évapore et il reste une croûte de sel. Sur cette croûte une nouvelle goutte coule, puis une autre et ainsi de suite;

l'eau continue à s'évaporer et en quelques jours, l'un des côtés du tube est recouvert d'une efflorescence de sel.

Supposons maintenant que le bout supérieur du tube soit fermé par un épiderme de feuille, et qu'il soit rempli d'eau pure au lieu d'eau salée. Si l'on plonge l'une de ses extrémités dans une solution de sel de cuisine, le sel pénètre dans le tube à travers la membrane de séparation. D'autre part, au haut du tube, l'eau peut bien s'évaporer à travers l'épiderme, mais l'eau salée ne la traverse pas. Par suite de cette évaporation, il se formerait après quelque temps, dans le tube, au-dessous de l'épiderme qui ferme le bout supérieur, un espace rempli seulement de vapeur d'eau, si la pression de l'atmosphère sur l'eau salée ambiante ne poussait celle-ci dans le tube. L'évaporation et la pression atmosphérique, réunies font l'effet d'une pompe.

Rien n'est plus facile que de se représenter la tige des plantes avec son prolongement inférieur, la racine, comme un tube fermé en haut et en bas, et de plus entouré sur les côtés par un épiderme. La racine est l'extrémité qui plonge dans la solution saline. La tige s'élève librement dans l'air, et c'est de sa surface que s'évapore l'eau. Et c'est non-seulement l'affinité existante entre les sucs des racines et les liquides de la terre, mais aussi l'évaporation aidée de la pression atmosphérique, qui favorise le passage de ces liquides dans la racine (1).

L'absorption ne se fait pas uniquement aux radicules les plus déliées; la racine tout entière est couverte d'un épiderme qui permet l'action réciproque des solutions

(1) Liebig, *Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung*. Braunschweig, 1848, p. 60-80.

qu'elle sépare. On comprend donc qu'une plante peut faire passer d'un vase plein d'eau dans l'air, 625 grammes, pendant le même temps qu'un vase dans lequel il n'y a pas de plante, ne perd que 125 grammes. Dans le premier cas, la surface de l'eau et les feuilles de la plante ensemble ont dégagé 750 grammes de vapeur d'eau.

Par la même raison qu'on peut faire déborder le sel par l'extrémité supérieure d'un tube restée ouverte, au moyen de l'eau que contient le vase dans lequel plonge l'autre extrémité du tube, on trouve des efflorescences de sel sur les feuilles des plantes. On les observe surtout sur les larges feuilles des cucurbitacées, quand après une forte averse le beau temps revient subitement (Ville) (1). L'eau de pluie pauvre en sels, qui mouille les feuilles, attire les sels de leur intérieur, et quand cette eau s'évapore, le sel qu'elle abandonne reste effleuri.

On a souvent l'occasion d'observer sur des plantes conservées dans des pots que les feuilles inférieures se flétrissent quand on n'arrose pas, ou qu'une ouverture au fond du pot permet à l'eau de s'écouler tout de suite. Liebig nous apprend le fait intéressant, que dans ce cas les sels manquent dans les feuilles inférieures; par suite de l'évaporation des parties supérieures, le suc salin monte toujours plus haut dans la tige; ainsi, les feuilles du haut sont encore en bon état, quand celles d'en bas sont réduites à périr. « Les feuilles flétries ne contiennent que des traces de sels solubles, tandis que les bourgeons et les pousses en contiennent plus qu'à l'ordinaire (2). »

(1) Ville, *Comptes rendus*, XXXV, 653.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 638-640,

Ces faits démontrent que l'accroissement est surtout le produit de l'échange réciproque de liquides qui sont séparés par une membrane végétale ou animale.

Le corps entier des plantes et des animaux est rempli de petits utricules ou cellules et de tubes ou vaisseaux. La solution saline qu'une cellule des racines du végétal a enlevée au champ, entre immédiatement en action réciproque avec le contenu d'une cellule située plus avant dans l'intérieur de la plante. Celle-ci correspond aux limbes des feuilles et des corolles par une suite ininterrompue de cellules et de vaisseaux.

Dans le corps de l'homme, ces tubes finissent par être si ténus, qu'on les appelle vaisseaux capillaires, bien que le plus gros de ces vaisseaux capillaires atteigne à peine le diamètre du plus fin poil de duvet (1). Les vaisseaux capillaires charrient du sang; les liquides qui transsudent par les parois des vaisseaux capillaires à l'intérieur du corps, deviennent les sucs nourriciers des parties solides, des tissus de nos organes. Les tissus se nourrissent de sang. L'accroissement est un excès de nutrition des tissus.

Le sang est un mélange d'albumine et de graisse, de sucre et de sels. Parmi ces matières, la graisse et une partie des sels sont contenues dans de petits disques en forme de lentilles déprimées à leur centre sur les deux faces. La substance de ses corpuscules, que les battements du cœur poussent dans toutes les régions, est

(1) Les plus fins poils du duvet ont un diamètre d'environ un centième de ligne; les plus gros vaisseaux capillaires atteignent à peine ce diamètre. Cependant il y a dans les os des vaisseaux capillaires dont le diamètre est presque de un centième de ligne. Voy. Kölliker, *Handbuch der Gewebelehre*, 3ᵉ Aufl. Leipzig, 1859, 130, 580, 581.

dans une action réciproque constante avec le liquide dans lequel ils nagent.

De tous les sels contenus dans le sang le plus abondant est le sel de cuisine. C'est pour cela qu'il est indispensable à l'alimentation. Cependant malgré l'échange qui s'opère, sans interruption entre les corpuscules du sang et le plasma, ceux-là ne contiennent que peu de sel de cuisine (C. Schmidt), ce qui démontre clairement que cet échange est subordonné à la nature des substances. L'affinité des globules du sang pour le sel de cuisine est faible : ils laissent entrer peu de sel. Nous savons que dans le sang toute la vie repose sur des attractions et des répulsions de matières; si le sang ne contenait pas de matières organiques qui, en proportion des autres éléments du sang, n'ont qu'une affinité très-faible pour le sel de cuisine, les corpuscules du sang ne pourraient pas se former.

Ce que les corpuscules sont dans le sang, les vaisseaux capillaires le sont dans les tissus. Les fins canalicules sanguins de la membrane qui recouvre le poumon laissent transsuder l'albumine plus vite que les vaisseaux capillaires du péritoine, ceux-ci plus vite encore que les membranes du cerveau. D'après la moyenne des recherches faites jusqu'ici la synovie est de toutes les exsudations aqueuses normales, celle qui contient le plus d'albumine. Puis viennent comme termes d'une série décroissante, l'eau du péricarde, l'eau de l'amnios, l'humeur aqueuse des chambres de l'œil, et enfin le liquide encéphalo-rachidien le plus pauvre de tous. Le liquide articulaire chez l'homme et les animaux contient environ quarante-cinq fois autant d'albumine que celui qu'on trouve dans les cavités du cerveau, et sous l'arachnoïde du cerveau et de la moelle épinière.

L'albumine, la graisse et les sels sont contenus dans le sang à l'état de solution aqueuse. Tous traversent la paroi des vaisseaux capillaires, sous la pression normale que supporte le sang en circulant dans les vaisseaux. Mais parmi ces matières c'est l'eau qui abandonne le sang le plus vite, après l'eau viennent les sels, et bien plus lentement encore l'albumine et la graisse (1).

Pourtant les tissus, si l'on en excepte le cerveau et le corps vitré de l'œil, sont plus pauvres en eau que le

(1) On n'a pas pu jusqu'ici obtenir le suc nourricier pur hors des tissus. Mais nous pouvons comparer le liquide nourricier avec les épanchements aqueux qui s'amassent dans les cavités du corps, avec l'eau du péricarde, la synovie, le liquide céphalorachidien, l'eau de l'amnios, et l'humeur aqueuse des chambres de l'œil. J'ai calculé la moyenne des nombres trouvés par von Gorup Besanez, Lassaigne, Kletzinsky, Frerichs, John, Vogt, Mack, Scherer, Berzelius et Lohmeyer, et je les confronte dans le tableau suivant avec les moyennes correspondantes des parties constitutives du sang.

Dans 1000 parties :

	Sang.	Épanchements aqueux.
Albumine	67	
Fibrine	2	
Globuline	120	
Corps albuminoïdes.....	189	14
Graisse..............	3,7	0,27
Sels.................	7,7	8,15
Eau..................	789	970

Une simple comparaison de ces nombres suffit à démontrer que l'eau sort plus vite que les sels, les sels plus vite que l'albumine, et enfin l'albumine plus vite encore que la graisse. (Voy. von Gorup Besanez, *Prager Vierteljahrschrift*, 1851, t. III, p. 84; *Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 2e Aufl., II, Abth. 2, p. 446; *Kletzinsky Heller's Archiv*, 1852, 423; Scherer, dans *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, I, 89, 92; Lohmeyer, *Zeitschrift für rationnelle Medizin*, neue Folge, V, 58, 59. 62).

sang. En effet, l'épiderme, les poumons, les reins et les glandes sudoripares enlèvent toujours de l'eau au corps. Le liquide qui filtre à travers la paroi des vaisseaux capillaires est épaissi à la consistance de chair et d'os par l'évaporation, la sueur, la respiration et la sécrétion urinaire.

Mais la formation des tissus avec le suc nourricier n'est pas un simple épaississement ; cette solution d'albumine, de graisse et de sels très-divers, contient toutes les conditions nécessaires pour provoquer les différences de formes les plus variées.

Dans une solution d'albumine, de graisse et de sels, on voit bientôt se détacher de petites granulations ; ces granulations s'agglomèrent en un petit grumeau, duquel naît une vésicule dont l'attraction s'exerçant sur les couches environnantes, les condense autour d'elle sous forme d'enveloppe. Voilà comment la vésicule s'enferme dans une cellule et en représente le noyau. C'est dans une cellule déjà formée que s'opère de préférence ce phénomène de genèse, et dans la plupart des cas, les nouvelles cellules se forment par la division du noyau d'abord et ensuite par celle de la paroi. Dans ce cas, on ne doit considérer le noyau et la paroi des cellules filles, que comme des formes de développement des parties correspondantes de la cellule mère.

Cette genèse de cellules est le procédé le plus général qui organise la matière organique, c'est-à-dire qui donne à la matière la forme des éléments anatomiques. Des cellules proviennent les tubes et les fibres, et de la combinaison des différents éléments prennent naissance des tissus, dont la structure serrée se dévoile à l'œil de l'observateur armé d'un microscope.

Les cellules sont ordinairement des vésicules fermées de toute part, remplies en partie d'un liquide qui effectue à travers la paroi un échange continuel avec les liquides et les gaz ambiants. En observant cet échange dans des cellules et des séries de cellules, nous épions le mécanisme primordial et mystérieux des échanges de matières, dont la science a à peine commencé l'exposition. Tant que la matière est à l'état amorphe, elle peut bien être organique, elle peut dans sa composition affecter un plus haut degré de complication et une plus grande tendance à la décomposition que le sel de cuisine, le salpêtre et d'autres substances inorganiques; mais elle ne devient organisée que par la constance avec laquelle la forme des cellules se reproduit dans une solution de matières organiques.

La forme des cellules change suivant la matière. Le tissu composé de vésicules, de tubes et de fibres dépend de la conformation des cellules dont il dérive.

Mais les substances inorganiques ne sont pas moins importantes que l'albumine et la graisse, pour la production des formes. Les globules du sang ne peuvent se développer qu'avec le secours du fer.

Voilà pourquoi les feuilles se flétrissent quand elles manquent de sels solubles, et pourquoi quand on prive les poules de terre calcaire, leurs os deviennent fragiles. Chossat a même vu des pigeons mourir en sept ou huit mois quand il leur donnait leur nourriture sans gravier (1).

Dans la plupart des cas, sans sels il n'y a pas de genèse de cellules. Il n'y a que des champignons déliés,

(1) Voyez Jac. Moleschott, *Physiologie der Nahrungsmittel, ein Handbuch der Diätetik*. Darmstadt, 1850, p. 150.

tels que la mère du vinaigre décrite par Mulder, qui se développent sans matière inorganique.

Les cellules meurent quand elles sont séparées du terrain nourricier qui contient le suc avec lequel leur contenu liquide est en action réciproque. Les cellules meurent « parce que des parties de matières vivantes, » séparées à dessein, ne peuvent conserver leur état de » composition sous les mêmes conditions extérieures » qu'auparavant » (Alexandre de Humboldt) (1).

Sans échange de matière il n'y a pas de vie pour la cellule, sans cellule vivante qui puise dans le liquide fécond qui l'environne, l'accroissement est impossible.

L'évaporation qui permet aux racines des plantes d'absorber les matières de la terre végétale, et fait des vaisseaux déliés de l'intestin des animaux autant de racines qui puisent dans le chyle, et l'affinité élective des liquides agissant à travers les parois des cellules qui les séparent, voilà les facultés maîtresses de la matière qui effectuent l'accroissement.

Mais le sens de l'accroissement dépend de la matière que fournit le monde extérieur. L'eau est comme la terre qui la filtre, et par conséquent la plante est comme l'eau et la terre. C'est pourquoi il y a pour les plantes, les animaux et les hommes une géographie à laquelle l'air et le soleil impriment des caractères encore plus évidents.

(1) Alexandre de Humboldt, *Ansichten der Natur*. Stuttgart und Tübingen, 1849, 3e Aufl., II, 311.

CINQUIÈME LETTRE.

LA TERRE EST L'ORGANE DE LA CRÉATION DES PLANTES ET DES ANIMAUX.

Quand on brûle avec précaution une plante, il n'est pas rare qu'on obtienne pour résidu un squelette qui correspond à la forme primitive de la tige. Ce squelette se compose de parties constituantes inorganiques qui appartenaient jadis à l'écorce de la terre. Une prêle brûlée laisse pour résidu une cendre presque entièrement formée de silice, l'élément principal du sable.

Nous avons vu que l'humeur nourricière d'un animal, d'une plante, faisait naître tantôt une forme de cellules, tantôt une autre, suivant sa propre composition. La nature des sels est aussi une condition fondamentale d'où dépend le bon état et même au moment de la première dissémination des plantes, la production d'une espèce végétale déterminée. Ainsi la vigne a pour caractère de contenir de la chaux, le froment des phosphates, la rave de la magnésie, substance analogue à la chaux. On trouve dans le chou-fleur et les feuilles de thé, du manganèse, métal qui ressemble beaucoup au fer et qui accompagne presque toujours, par des

traces au moins, le minerai de fer. Le tabac, le noyer, les feuilles de céleri contiennent du salpêtre. Ce corps peut être si abondant dans le tabac, que si l'on en croît Schoepf, au siècle dernier, pendant la guerre, on se serait servi, en Virginie, d'une espèce de tabac qui croît dans les terres basses pour en extraire ce composé d'acide nitrique et de potasse. Cent grammes des tiges les plus grossières, impropres à tout autre usage, réduites à l'état sec, auraient donné plus de 4 grammes de cristaux de salpêtre; souvent dans les nervures des feuilles de tabac la quantité de salpêtre s'élève même jusqu'à 11 pour 100 de résidu sec (Schlœsing) (1).

Ce n'est pas seulement dans la betterave qu'on trouve de la magnésie ou terre amère, on la trouve aussi dans les pommes de terre et le froment. Il y a de la chaux dans le trèfle et les pois aussi bien que dans le cep de vigne. Au premier abord on est amené à voir dans le rapport de ces terres avec l'espèce végétale, bien moins une affinité élective limitée qu'une relation plus générale, dont l'essence ne se réduit pas à la différence des matières. Il fut un temps où l'homme se croyait assez sage pour expliquer le plan de la nature par des idées de finalité. On faisait alors passer le silice du sable dans la prêle ou les tiges des graminées, pour donner à la plante cette solidité, grâce à laquelle l'épi peut se balancer au-dessus du chaume. Puis comme il fallait accorder cette destination supposée avec cette seconde hypothèse, que la nature prend le chemin le plus court pour atteindre son but, on inclinait à croire que la

(1) Forster, *Sämmtl, Schr.*, V, 151. Schlœsing dans *Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LXII, 165, 166.

plante prenait de la chaux quand il y avait de la chaux, et dans le cas contraire, au lieu de chaux, du talc ou de l'oxyde de fer ou quelque autre corps que ce fût.

Mais alors, comment se fait-il que le lycopode, cette plante qui fournit le soufre végétal, avec lequel on saupoudre les replis excoriés de la peau des enfants, contienne une si grande quantité d'alumine, tandis que cette combinaison chimique, en général moins abondante dans les plantes, manque totalement dans les chênes, les pins, les bouleaux qui croissent dans le même sol (Ritthausen, Aderholdt). Nous trouvons dans les cellules superficielles de quelques espèces du genre Chara, un élément excessivement répandu, le carbonate de chaux, et nous en remarquons l'absence dans d'autres espèces du même genre (Payen). De même, une espèce de violette jaune (*Viola lutea, calaminaria*) qui croît sur les monticules de calamine, aux environs d'Aix-la-Chapelle, semble devoir son existence au zinc contenu dans le sol (Bellingrodt). D'après les recherches les plus nouvelles, dans toutes les circonstances, et quand même on aurait ajouté au sol autant de composés de soude qu'on aurait voulu, il y a dans l'orge une quantité de potasse qui surpasse de plus du triple celle de la soude (Daubény).

Une petite bruyère (*Erica carnea*) qui foisonne dans la vallée du Lech, est excessivement riche en chaux, tandis qu'une autre bruyère d'une espèce différente, mais voisine (*Calluna vulgaris*), qui pousse dans les bois, sur les collines près du Lech et de la Wertach, se distingue encore plus sensiblement par sa richesse en silice (Roeth).

S'il faut attribuer cet effet à la combinaison inorganique qui se trouve la plus proche, et non point à l'es-

pèce de la matière, comment se fait-il que tant de plantes, les pommes de terre, les haricots, les épinards, l'orge, l'avoine, le cresson, souffrent d'une manière si évidente sous l'action de la soude, tandis qu'elles se trouvent très-bien de celle de la potasse (Chatin)?

De tels faits nous prouvent péremptoirement que la racine de la plante absorbe, d'après des lois fixes d'affinité, les éléments inorganiques qui l'entourent dans la terre.

Liebig ne pouvait s'arrêter à une explication grossière de la solidité de la tige. Le premier il mit en évidence, comme il le fallait, la relation nécessaire d'échange entre les espèces de plantes déterminées et les matières inorganiques du sol. Et pourtant Liebig a formulé une loi d'après laquelle il serait indifférent que la plante contienne telle ou telle combinaison inorganique, pourvu que leurs bases jouissent de la même affinité pour les acides; en d'autres termes, pourvu qu'elles contiennent seulement la même quantité d'oxygène, et puissent par conséquent saturer la même quantité d'acide.

Mais les corps les plus analogues qu'on réunit sous le nom de bases, à cause de leur affinité pour les acides, ne peuvent se remplacer que d'une manière très-restreinte. Ainsi, dans le chou-fleur, deux terres qui présentent beaucoup de ressemblances, la chaux et la magnésie, conservent à peu près l'équilibre ; dans d'autres cas, au contraire, le chou-fleur ne contient presque que de la chaux et très-peu de magnésie. Une grande portion de la magnésie est effectivement remplacée par la chaux. Dans d'autres cas beaucoup plus rares, un élément se trouve remplacé sous l'influence du sol par une substance singulièrement différente. Naguère Roethe a

trouvé dans la bugle rampante (*Ajuga reptans*) qui poussait sur un sol calcaire, une grande quantité de chaux, tandis que dans les plantes de la même espèce qui poussaient sur un sol argileux, la chaux était en grande partie remplacée par de la silice (1). Sur un sol calcaire, la prêle d'hiver (*Equisetum hiemale*) peut remplacer une grande partie de sa silice par du carbonate de chaux (2). Les ingénieux rêveurs de causes finales regarderont sûrement la solidité qui rend ces deux matières analogues, comme la raison de la substitution. A la vérité ces exemples ne s'accordent pas du tout avec la prétendue loi de saturation de Liebig, puisqu'un acide faible est remplacé par une base énergique.

D'autre part, la potasse et la soude ne se ressemblent pas moins entre elles que la chaux et la magnésie, et pourtant le hêtre et le chêne ne contiennent qu'une très-petite quantité de soude en comparaison de la potasse,

(1) Les dernières recherches d'Aderholdt (*Annalen* von Liebig, Wœhler und Kopp, LXXXII, 117, 118) et de Ritthausen (*Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LVIII, 133, 135), qui rectifie ses affirmations précédentes, s'accordent à montrer que diverses espèces de lycopodes contiennent une quantité notable d'alumine. Voyez encore Payen, *Comptes rendus*, XXXVIII, 243, 244; Bellingrodt, dans *Journal für praktische Chemie*, LXI, 319, 320; Daubeny, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XXI, 437; Roethe, dans *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVII, 118, 120; Chatin, *Comptes rendus*, XXXVIII, p. 270, 272; Roethe, dans *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XC, 255.

(2) Struve a trouvé dans la cendre de l'*Equisetum hiemale* 97 centièmes d'acide silicique; Brock, qui a recueilli la même plante sur un lieu riche en chaux, a trouvé que la cendre contenait 83 centièmes d'acide silicique, mais en outre aussi 13 centièmes de carbonate de chaux (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVII, 349, 350).

même alors qu'ils croissent dans un terrain qui renferme cinq fois plus de soude que de potasse (K. Bischof). De même, il y a des plantes d'eau qui contiennent plus de magnésie que de chaux, bien que dans le sol des ruisseaux d'où on les a retirées, il se trouve dix fois plus de chaux que de magnésie (1). Dans les parties les plus différentes du marronnier, jamais la soude ne remplace la potasse, ni la potasse les terres (E. Wolff Staffel).

Ces exemples et bien d'autres ont invinciblement démontré qu'il ne faut pas penser à une loi générale de substitution, en tant qu'elle n'exigerait que la saturation des acides par un poids déterminé des bases.

Entre chaque espèce végétale et les éléments du sol, il y a une loi d'affinité qui, ici comme partout, exclut toute idée d'un jeu de hasard.

Ce rapport intime entre les masses organiques du corps végétal et les sels que présente la terre est si constant, qu'alors même qu'un sol contient des substances qui ne font partie de la plante que par exception, certains corps organiques les retiennent. Récemment, les cas de découverte de l'arsenic dans les végétaux se sont multipliés. Les tubercules de la pomme de terre, les raves blanches, les feuilles extérieures du chou pommé, la paille de seigle, peuvent contenir des traces d'arsenic, puisque cet élément existe, d'après Walchner, dans toutes les terres riches en fer. Mais, dans toutes ces plantes, l'arsenic est combiné n'importe comment avec la cellulose, substance très-peu soluble qui, dans la plante, forme les parois des jeunes cellules. De là vient

(1) Ainsi le *Stratiotes aloides* contient pour 100 parties en poids de cendre : magnésie, 14,35 et chaux 10,73 seulement. (Schulz-Fleeth, dans *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 98, 100, 101.)

qu'on a trouvé dans les excréments d'une vache, de l'arsenic avec une grande quantité de la cellulose de l'herbe non digérée (Stein) (1).

A mesure que l'observation la plus attentive considère plus rigoureusement ces éléments inorganiques que, dans les études qu'on faisait autrefois des corps organisés, on avait coutume d'entasser dans un appendice insignifiant, les rapports qui unissent la nature des plantes à la terre et à ses eaux, deviennent plus intimes et plus nombreux. Ainsi, il y a peu de temps, Schulz-Fleeth a trouvé plus de potasse que de soude dans beaucoup de plantes aquatiques, tandis que dans d'autres plantes ramassées dans les mêmes ruisseaux, la soude l'emportait sur la potasse. Bien qu'on doive éviter avec prudence, à l'exemple du savant que je viens de nommer, d'ériger les faits instructifs en lois générales, il est juste de remarquer que les plantes distinguées par leurs belles et fraîches couleurs vertes étaient riches en potasse, tandis que la couleur sombre tirant sur le brun des autres plantes correspondait à la richesse en soude (2).

La relation qui unit une espèce végétale à la terre est la même pour les parties de la plante. La potasse,

(1) Stein, dans *Journal für praktische Chemie*, LI, 305, 309, et LIII, 41, 43. En traitant simplement les matières par l'eau bouillante, il ne m'est jamais arrivé, dit Stein, d'extraire de l'arsenic ; les liqueurs de lavage acides ou alcalines du coton n'en contenaient pas non plus, et cela me confirme dans l'idée qu'il se trouve mêlé aux éléments de la cellulose, en qualité d'éléments (*loc. cit.*, p. 43).

(2) Le *Typha angustifolia*, le *Nymphæa lutea*, le *Stratiotes aloides*, l'*Arundo phragmitis*, étaient verts et riches en potasse ; le *Scirpus lacustris*, le *Nymphæa alba*, le *Hottonia palustris*, étaient bruns et riches en soude. (Schulz-Fleeth, *loc. cit.*, p. 101).

la magnésie et l'acide phosphorique prédominent dans la semence; le chlore, la chaux et la silice dans la tige. Les feuilles ont pour caractère de contenir de l'acide silicique, du sulfate de potasse et du carbonate de chaux (1). Si donc nous voyons que cette distribution se reproduit toujours la même à l'intérieur de la plante, nous sommes bien forcés de conclure que la production de la semence est attachée à la potasse et à l'acide phosphorique, comme celle de la tige à la chaux et au chlore, et celle des feuilles au sulfate de potasse.

Envisagé à ce point de vue, tout ce qu'on peut apprendre de positif sur les sels d'une certaine partie de la plante acquiert une importance dont on ne se doutait pas, il n'y a pas encore longtemps. Une lumière bienfaisante se répand sur tous les faits particuliers, à mesure que le nombre des parties du végétal explorées s'accroît, et qu'en même temps la notion de la dépendance qui lie le développement de la plante aux petites pierres et à la chaux du champ et du jardin devient plus féconde.

Cette vérité doit frapper même la personne la plus ignorante, quand on lui dit que le carbonate de chaux qu'il se fatigue souvent à rejeter de son jardin, est un corps aussi essentiel aux parties vieilles des plantes que la combinaison de la chaux et de l'acide phosphorique l'est aux parties jeunes. Plus il y a d'albumine dans une partie d'un végétal, plus la quantité de phosphate de chaux est grande; c'est ce sel qui la distingue des tissus végétaux pauvres en albumine. On comprend donc

(1) Voyez Berthier, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXIII, p. 254, et E. Wolff, *Journal für praktische Chemie*, XLIV, 456, 459.

pourquoi la graine, où s'emmagasine la provision d'albumine des plantes, enlève l'acide phosphorique à la tige. La quantité de l'acide phosphorique de la paille est singulièrement réduite après la production d'un poids considérable de grains (1).

La plante fabrique la masse principale de son corps avec l'acide carbonique de l'air. Une partie de l'oxygène de cette combinaison, formée de carbone et d'oxygène, est exhalée par la plante, tandis que le carbone et le restant de l'oxygène entrent dans la composition des substances végétales les plus importantes.

On peut, jusqu'à un certain point, mesurer l'activité de l'accroissement de la plante par la quantité d'oxygène qui se dégage dans ce phénomène. Or, dans les plantes d'eau, l'élimination d'oxygène, la décomposition de l'acide carbonique dans les parties vertes, cesse si les sels qui se trouvent dans les eaux naturelles font défaut (2). Ces sels sont les combinaisons inorganiques du sol. Sans ces matières inorganiques, la formation des principes organiques de la feuille et de la tige est donc une chose impossible.

Les animaux eux-mêmes sont, sous ce rapport, tout le portrait des plantes. Ni le sang de l'homme ni celui des vertébrés ne pourrait se développer si la terre ne lui fournissait le fer, et si la plante n'enlevait ce fer à la terre pour le lui transmettre. Sans le phosphate de chaux, les parties du corps de l'animal qui sont riches en albumine n'existeraient pas plus que celles des

(1) E. Wolff, *Journal für praktische Chemie*, LII, 108, 109, 117. Voyez Garreau, *Annales des sciences naturelles*, 3e série, XV, 28, 31.

(2) Cloëz et Gratiolet, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XX, p. 42; *Erdmann's Journal*, LIII, 203, 204.

plantes. Le phosphate de chaux constitue presque la moitié de nos os, il est généralement connu sous le nom de terre d'os.

Le cuivre joue, dans le sang de l'escargot des vignes, le même rôle que le fer dans celui de l'homme (Harless et von Bibra). Dans le sang de l'anodonte, le carbonate de chaux tient la même place que le phosphate de chaux dans le sang des vertébrés (C. Schmidt). Aussi trouvons-nous le carbonate de chaux dans les parties douées d'une dureté osseuse, les aiguillons, les coques, les étuis des échinodermes, des polypes et des mollusques, tandis que chez l'homme et les vertébrés, les os et les dents doivent leur solidité au phosphate de chaux. Le sulfate de soude (sel de Glauber) est le caractère des os des poissons et des amphibies, le phosphate de magnésie existe en grande quantité dans les dents des pachydermes (von Bibra).

Pour l'animal comme pour la plante, l'espèce et le genre, le développement de chaque tissu est lié par une nécessité absolue à l'absorption de sels tout à fait déterminés.

C'est dans la croûte solide de la terre que sont déposées les conditions de la diversité des habitants de notre monde. L'écorce de notre terre contient en abondance les matières inorganiques qui forment la plus grosse moitié des éléments de la terre de nos champs. Ces matières sont concentrées dans le sein des montagnes et des rochers, tantôt molles et amorphes, tantôt roidies en cristaux.

Ces montagnes rocheuses ne nous donnent pas seulement des marteaux et des tenailles pour nos forges, du marbre et de l'or pour les ateliers de nos artistes, leurs éléments inorganiques sont aussi les instruments

qui combinent les matières organiques sous la forme des plantes et des animaux qui animent le globe.

Les transitions du froid et du chaud font éclater le rocher. Le poids glacé d'un manteau de neiges éternelles fend la montagne et en disperse les blocs. Le glacier qui glisse, les cours d'eau qui se précipitent et les cascades sont autant de systèmes de marteaux qui disloquent le rocher et en broient les angles. Dans la nature, ni trêve ni repos. Ces puissances de destruction l'emportent sur la force de la goutte d'eau qui, à force de tomber, fouille le grès; l'eau qui mugit éternellement, les montagnes de glace qui craquent, les avalanches qui grondent comme le tonnerre pulvérisent le granit. Le roc lui-même ne peut braver l'éternité.

La montagne éclate en morceaux, les morceaux deviennent de la poussière; les fleuves emportent la poussière dans les plaines, ils en engraissent les champs, car ils leur apportent la nourriture dont les plantes ne peuvent se passer.

Dans la Wetteravie, à Logrosan en Estramadure, à Redwitz près du Fichtelgebirge, se trouvent des dépôts immenses de phosphate de chaux, de ce qu'on appelle la pierre d'os ou la terre d'os (Bromeis, Daubeny, Fikentscher) (1).

Au moment où le mineur, en Wetteravie et en Estramadure, tire de la terre du phosphate de chaux, il extrait plus que de l'or, il extrait du froment, il extrait des hommes. Nous retournons les entrailles de la terre pour accroître la puissance des sens appliquée à l'observa-

(1) Bromeis, *Annalen* von Liebig, Wœhler und Kopp, LXXIX, 1 et seq.

tion et des pensées qui s'en nourrissent. Le mineur fait donc sortir de la terre le trésor de l'esprit que le laboureur met en circulation, imprimant à la roue des temps sa première impulsion. Le mineur gagne sa vie à la sueur de son front, au péril de ses jours, et il ignore que c'est peut être la matière de la meilleure tête qui passe par ses mains; par son travail obscur, il met peut-être des siècles en mouvement.

SIXIÈME LETTRE.

CIRCULATION DE LA MATIÈRE.

Il y a un procédé dont le cerveau de l'homme fait un grand usage; il consiste, dans un cas donné, à fonder une proposition générale sur une série bornée d'observations. Nous souffrons tous de ce défaut particulier, et nous ne pouvons nous en affranchir que plus ou moins. Voilà ce qui explique les classifications inflexibles au moyen desquelles nous cherchons à étendre la portée de notre esprit. Il serait absurde de vouloir donner à de pareilles classifications le droit de bourgeoisie dans la science. Pourtant il est certain que ces tentatives essayées en vue d'endiguer absolument dans des compartiments étroits les phénomènes qui s'enchaînent partout les uns avec les autres, pour former le courant de la nature vivante, sont justement les causes qui provoquent de nouvelles observations, et par suite des idées nouvelles. Telle a été la destinée du principe qu'a posé pour la première fois Ingenhousz, à savoir, que les plantes ne vivent que de substances inorganiques.

Quand le génie investigateur de Senebier eut montré que les plantes décomposent à la lumière l'acide carbonique que leurs feuilles enlèvent continuellement à l'air, et plus tard quand on eut déterminé l'augmentation du poids de la plante causé par le carbone qui reste en elle, une proposition d'une grande valeur fut trouvée. Non-seulement les plantes vivent en partie de l'air, mais encore elles tirent de cette source nourricière la plus grande portion de leur corps. C'est pour cela que depuis longtemps on appelle le carbone *phytogène*.

Il est vrai que la plante ne contient pas seulement la cellulose et le sucre, l'amidon, la graisse et la cire, qui ne sont composés que de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, mais encore de l'albumine qui renferme de l'azote combiné avec ces éléments.

Mais l'air aussi contient de l'azote, et non pas seulement à l'état libre, mais encore combiné avec de l'hydrogène sous forme d'ammoniaque. La rosée et la pluie apportent cette ammoniaque à la terre, la racine de la plante l'absorbe.

La plante trouve dans le sol ses sels et son eau, voilà pourquoi—c'est un fait établi positivement—les plantes peuvent, dans certaines circonstances, vivre exclusivement de matières inorganiques. L'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, les sels, sont, sans exception, des substances d'une composition simple; leurs combinaisons, en se décomposant, reproduisent les mêmes substances simples dont ils provenaient. Ces caractères les opposent, en qualité de corps inorganiques, aux combinaisons organiques qu'on extrait artificiellement des plantes ou des animaux.

Les lichens qui poussent sur des murailles dépour-

vues de terre, vivent en effet de matières inorganiques; ils se nourrissent d'air et de sels.

Au contraire, l'expérience la plus vulgaire nous apprend que l'homme ni aucun animal supérieur quel qu'il soit, ne peut vivre d'air et de sels.

C'est avec raison qu'on a vanté la nouveauté et l'importance du fait que : la plante fait passer l'air et la terre à l'état organique. Et les idées préconçues d'une finalité dans la nature entretenant toujours cette tendance à distinguer par des oppositions, on n'assigne aux plantes qu'une seule tâche : prendre les matières inorganiques dans le sol et dans l'air, et les transformer en aliments organiques pour l'usage de l'animal. La plante vit de substances inorganiques, tandis que l'animal a besoin d'une nourriture organique ; telle était la distinction. En assignant aux plantes la propriété de s'assimiler exclusivement l'air et les sels, on augmentait encore la portée de la classification.

Mais la combustion que subissent les plantes et les animaux vivants et morts, sous l'action permanente de l'oxygène qui les enveloppe de tous côtés, n'aboutit pas directement à la formation d'acide carbonique et d'eau. Les feuilles tombées, les chaumes, les produits des jachères, le fumier des écuries et les cadavres contribuent à former le terreau. Ils imprègnent le sol de matières organiques. L'acide humique, l'acide crénique et l'acide apocrénique sont tous des corps composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène qui ne manquent dans aucun bon terrain.

Dans le sol, ces acides sont combinés avec l'ammoniaque. Le crénate d'ammoniaque est un corps qui contient de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Ces éléments existent dans l'apocrénate

d'ammoniaque à peu près dans les mêmes proportions que dans l'albumine (Berzelius, Mulder) (1).

Par conséquent, on peut comprendre que le lichen, pauvre en azote, prospère sur les rochers nus, tandis que le froment, riche en albumine, réclame la forte nourriture du fumier.

Cependant Ingenhousz et Liebig n'attribuaient l'action fertilisante qu'aux matières inorganiques de l'engrais. Puisque l'engrais et le terrain sont des mélanges, il fallait donner une preuve immédiate à l'opinion que l'acide humique et l'acide crénique tels qu'ils sont, sont des aliments pour la plante. Cette preuve, de Saussure l'a fournie. Il a déterminé par des pesées la quantité d'humate de potasse qui passe dans une plante en bon état. J'ai observé moi-même le passage de l'humate de potasse dans les oignons et dans les fibres radicales du safran. Malaguti a pesé la quantité d'ulmate d'ammoniaque que la cressonnette (*Cardamine pratensis*) tire du sol, et a déterminé le poids acquis par ces petites plantes, sous l'influence favorable de l'ulmate d'ammoniaque, par rapport à d'autres à la disposition desquelles il n'avait pas mis cette substance alimentaire (2). Mulder et Soubeiran ont découvert, par l'expérimentation, que les solutions des matières organiques du terreau ont une influence favorable sur la végétation.

Il est donc tout naturel que ces petits végétaux pullulants que nous appelons des moisissures, et dont les parents, dans le règne végétal, sont très-riches en azote,

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*. Erlangen, 1851, 99.

(2) Malaguti, *Comptes rendus*, XXXIV, p. 112, 114.

se plaisent sur un sol organique. Dans la pourriture sèche du bois, les matières organiques qui, dans le principe, formaient les cellules du bois, se transforment en cellules d'un champignon, dont les filaments prennent petit à petit la place du bois. Dans la maladie bien connue des vers à soie, la terrible muscardine, un champignon pousse sur les corpuscules du sang de la chenille. Une végétation de champignons peut détruire le sucre. La couche rouge qu'on trouve quelquefois sur le sucre avarié se compose d'espèces d'un nouveau genre de ces petits végétaux pullulants (1).

Plus une plante produit d'albumine, moins elle peut se passer des acides du terreau. Nous savons par Mulder que ces acides se distinguent par une très-grande affinité pour l'ammoniaque, laquelle cède son azote à l'albumine.

Cependant Liebig persiste si fermement depuis des années dans son idée, que le fumier n'agit que par ses parties inorganiques (2), qu'il a l'illusion de croire qu'on a *abandonné* l'opinion défendue naguère encore par Mulder, Johnston, Soubeiran, Malaguti et tant d'autres, c'est-à-dire, que le terreau est utile aussi par ses parties organiques (3).

« Nous savons », dit Liebig, « que pour les plantes » marines, il ne peut être question d'une nourriture tirée » de l'humus (terreau) par les racines (4). » Pourquoi? Est-ce que les conditions de putréfaction qui transfor-

(1) *Glyciphila erythrospora* et *G. elæospora*, Montagne. (Voy. la communication faite, en octobre 1851, par Payen, *Comptes rendus*, XXXIII, 393, 397.)

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 240, 672, 682.

(3) Id., *ibid.*, 661. *Im Sinne der jetzt verlassenen Humus-Theorie.*

(4) Liebig, *Chemische Briefe*, 630.

ment les plantes mortes en acide humique, en acide crénique et en acide apocrénique, manquent dans la mer? Mais j'admets qu'elles manquent, le varech géant et d'autres plantes marines s'adjoindront au lichen qui vit sans humus. En résulte-t-il que l'acide humique ne contribue pas à la nourriture d'autres plantes? A ce compte, il ne serait pas vrai que nous mangeons de la viande, parce que le Groënlandais vit de poisson, et que les habitants des îles de la mer du Sud se nourrissent du fruit de l'arbre à pain.

» Mais, » objecte encore Liebig, « la chaux est utile, » et elle ne pourrait pas l'être si l'acide humique servait » à quelque chose, puisqu'elle décompose l'acide hu- » mique (1). » Il est clair qu'ici Liebig prend une probabilité pour une preuve, et que sa conclusion s'en ressent. De ce que la chaux est, dans certaines circonstances, plus utile que l'acide humique, faut-il conclure que l'acide humique soit sans action?

D'ailleurs la chaux laisse l'humate d'ammoniaque intact. Bien plus, la chaux peut se combiner avec l'acide humique. Liebig lui-même a essayé de déterminer à peu près la quantité d'acide humique qui peut passer dans les plantes, et se sert pour cela de la quantité de chaux que ces plantes contiennent. Donc, la chaux ne doit pas détruire tout à fait l'acide humique. Le sel de chaux serait même, d'après Liebig, le sel le plus répandu, et celui qui contient le plus d'acide humique (2).

Pour mettre le comble à ses contradictions, Liebig se prononce contre l'utilité de l'acide humique, par la

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 661.
(2) Liebig, *Agriculturchemie*, 6e Aufl. Braunschweig, 1846, 18.

raison que la quantité de chaux contenue dans la plante est trop faible, et ne peut lui procurer une quantité considérable de cet acide humique qu'elle doit détruire.

L'humate de chaux, ajoute plus loin Liebig, est une combinaison à laquelle il faut pour la dissoudre une telle quantité d'eau, que toute la pluie qui tombe sur un champ ne parviendrait pas à donner aux plantes beaucoup de carbone sous forme d'acide humique.

Cette objection serait certainement d'une très-grande valeur, si l'assertion de Liebig, que l'humate de chaux est le sel le plus répandu de tous les humates, était vraie. Mais il n'en est pas ainsi : non-seulement l'humate d'ammoniaque se trouve en plus grande abondance dans la terre végétale que l'humate de chaux, mais cette combinaison a une fixité telle, que l'un des acides les plus énergiques, l'huile de vitriol ou acide sulfurique, n'est pas en état de la décomposer complétement (Mulder). De plus, l'humate d'ammoniaque est aussi soluble dans l'eau que l'humate de chaux l'est peu. Le premier est deux mille fois plus soluble que le second.

Pour augmenter le nombre de ses raisons probables, Liebig fait une nouvelle objection à la vertu fertilisante du terreau. Nous pouvons, dit-il, augmenter le produit des plantes en carbone jusqu'à un certain point en leur fournissant des matières qui ne contiennent pas de carbone (1). Le fait est vrai, mais l'objection ne vaut rien. D'après les recherches intéressantes de Cloëz et Gratiolet, il est indubitable que la plante ne peut décomposer l'acide carbonique de l'air ni en fixer le carbone, s'il ne se trouve dans la

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 683.

terre des sels convenables. Ces sels servent, dit Liebig, donc l'acide humique ne sert pas. D'après la même logique, l'acide carbonique ne sert pas. Je vais plus loin, les sels eux-mêmes ne servent pas, à l'exception d'un seul, qu'on peut choisir à volonté parmi les éléments inorganiques de la plante pour lui faire jouer ce rôle.

Tels sont les détours où l'on se perd quand on s'engage à soutenir une théorie avec des probabilités au lieu de preuves. C'est aussi pour cela que cette erreur est tenace, car les probabilités poussent comme des champignons.

Jusqu'ici j'ai sans doute réfuté les considérations les plus importantes de Liebig, mais non pas toutes celles qu'il a parées du charme entraînant d'une exposition qui bien souvent brille comme l'éclair. Il nous faut encore tenir compte d'une objection capitale. Le rendement en carbone d'une prairie ou d'une même surface de forêt est indépendant d'une addition de fumier riche en carbone (1). Que serait-ce donc si dans l'addition d'humate d'ammoniaque il s'agissait bien plus de la présence d'une combinaison très-utile d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, que de l'augmentation du produit en carbone qui, sans doute, en est le résultat indirect?

Ce n'est pas seulement parce que le fumier augmente ou complète les sels du sol, que nous sommes dans la nécessité de lui faire honneur des fruits de nos champs; mais parce que les combinaisons ammoniacales des acides organiques de la terre activent avec la plus grande énergie la production d'albumine, composé

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 683; voyez encore 680, 681.

riche en azote, et c'est là le but que nous poursuivons dans l'agriculture.

Personne, aussi longtemps que cette question est restée en suspens et qu'on l'a discutée d'une manière scientifique, absolument personne n'a cru que la plante fût redevable d'une grande partie de son carbone à l'acide humique. De Saussure, défenseur autorisé de la nourriture organique des végétaux, a déjà fait ressortir que les plantes dans une fertile terre de jardin, ne peuvent tirer des matières organiques du sol plus du vingtième de leur poids (1). Mais si la plante en réalité ne tire que la plus petite partie de son carbone des acides humique, crénique et apocrénique, cela démontre-t-il que la plante ne tire pas du tout de carbone de ces acides? Liebig lui-même, vaincu par la force des faits, reconnaît une action au terreau, par la raison même qu'il fournit du carbone aux plantes. « L'action de l'humus consiste en un dévelop-» pement accéléré de la plante, c'est un gain de temps. » Dans tous les cas le produit en carbone s'accroît sous » l'influence de l'humus. Dans l'art de l'agriculture il » faut porter en ligne de compte l'opportunité du temps. » A ce point de vue l'humus a une importance singulière » pour la culture des espèces potagères (2). » Et pourtant on veut que le produit en carbone d'une prairie ou d'une même surface de forêt soit indépendant de l'addition d'un fumier riche en carbone.

C'est clair : en dépit de sa thèse générale, Liebig ne peut nier logiquement que le terreau ne soit une source

(1) Hugo Mohl, dans *Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, die Vegetalische Zelle*, 237.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 689; voyez 637, 661, 678, 679, 685, 703, 704.

de carbone. Cependant il n'abandonne pas pour cela sa proposition que les matières organiques ne peuvent contribuer à la nourriture des plantes. Liebig fait d'abord décomposer entièrement l'acide humique par une décomposition progressive en acide carbonique et en eau, avant de le faire absorber par les racines. L'acide carbonique du sol complétera celui de l'air, dissoudra les phosphates du sol, formera des bicarbonates, transformera les combinaisons insolubles de silice en composés solubles. C'est par ce moyen que les fibres des racines augmentent, et par suite les feuilles et avec elles l'absorption de l'acide carbonique de l'air (1).

Une partie des acides organiques se consume par une décomposition graduelle et se réduit en eau et en acide carbonique, c'est un fait incontestable. Mais c'est précisément parce que la décomposition se fait par une combustion très-lente que les sels ammoniacaux des acides organiques se trouvent si abondamment dans la terre végétale. Qu'ils passent en cet état dans les plantes, c'est démontré par l'observation directe; qu'ils servent aussi par l'addition de carbone, Liebig, au milieu même de ses assertions contradictoires, l'a établi énergiquement. Quant à la proposition, que tout l'acide humique doit préalablement se décomposer en acide carbonique et en eau, on n'a pas même essayé de la démontrer. Au contraire, pour écarter tous les doutes, Wiegmann et Mulder ont démontré par des expériences que ni l'acide carbonique ni l'ammoniaque ne peuvent remplacer l'action de l'acide humique (2).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 677, 679.

(2) Mulder, *Proeve eener Algemeene physiologische Scheikunde* 746, 756, 757.

« Donnons au sol de l'ammoniaque et les phosphates » qui sont indispensables aux céréales, s'il n'en contient » pas, et nous aurons rempli toutes les conditions que » réclame une bonne récolte, car l'atmosphère est un » magasin inépuisable d'acide carbonique (1). » Voilàla raison favorite de Liebig : l'air fournit du carbone en abondance inépuisable. Pourquoi donc le terreau donnerait-il aussi du carbone? Par conséquent l'acide humique n'en fournit pas. C'est toujours le point de vue suranné des idées de finalité, avec lesquelles on peut rendre tout probable, sans rien prouver. Il suffit d'exposer ces arguments dans leur nudité et leur simplicité. Si l'on s'adresse à un homme de bon sens on n'a plus besoin d'ajouter un mot de réfutation.

J'ai combattu les arguments spécieux de Liebig, qui se répètent sans devenir meilleurs. Je leur ai consacré plus de détails qu'il ne convient d'en donner dans un livre fait pour le peuple. Mais Liebig a dit dans un ouvrage destiné non-seulement aux hommes spéciaux qui font des recherches eux-mêmes, mais encore à tout le monde éclairé, que la théorie de l'humus était *abandonnée*. Ce n'est pas là ce qui fera triompher ses idées sur les sources de la nutrition des plantes. De Saussure, et le premier chimiste agricole qu'ait possédé le pays le plus avancé dans la pratique, Johnston, Mulder, Soubeiran, Malaguti et beaucoup d'autres ont défendu et défendent encore l'action de l'humate d'ammoniaque, non pas avec le poids de leur nom, ni avec une pression dictatoriale, mais avec des faits qui ne se laissent pas gouverner.

Si les acides humique, crénique, apocrénique, com-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 662.

binés de préférence avec l'ammoniaque, passent dans les racines des plantes; si, d'autre part, l'apocrénate d'ammoniaque contient de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène à peu près dans les mêmes proportions que l'albumine, l'ammoniaque doit avoir dans la terre végétale, pour la prospérité des productions des champs, au moins autant d'importance que ces acides organiques. Oui, l'ammoniaque est encore plus importante, car on ne peut révoquer en doute que la plante ne doive la principale partie de son azote à l'ammoniaque, de la même manière qu'elle doit tirer de l'acide carbonique la plus grande partie de son carbone.

C'est pour cela que Liebig a rendu un service éminent en faisant connaître que l'air et la pluie contiennent de l'ammoniaque. La quantité de ce corps dans l'air est soumise à des variations très-étendues, parce que l'eau absorbe cette combinaison d'azote et d'hydrogène avec tant d'avidité, que chaque pluie emporte hors de l'atmosphère à peu près toute l'ammoniaque qui s'y trouvait. De la sorte, chaque pluie, et encore mieux chaque pluie d'orage ajoute au champ la combinaison d'azote la plus fertilisante, qui sert aux plantes de nourriture. Les effets bienfaisants de la pluie ne sont donc pas bornés à la dissolution des corps contenus dans le sol. Avec la pluie, les champs et les jardins reçoivent une des plus importantes substances alimentaires des végétaux.

Mais il y a une autre source d'ammoniaque plus abondante encore qui jaillit de la terre végétale elle-même. On en doit la découverte aux savantes recherches de Mulder, et c'est à tort que Liebig en a nié l'existence (1).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 184.

Il s'agit d'une des propriétés les plus intéressantes de l'hydrogène; quand il se dégage de ses composés, il entre avec l'azote condensé dans une nouvelle combinaison qui n'est autre que l'ammoniaque. Le fer est un corps simple, l'eau un composé d'hydrogène et d'oxygène. Quand on met en contact l'eau et le fer, celui-ci enlève de l'oxygène à l'eau, il se forme de la rouille, combinaison d'oxyde de fer avec l'eau, et de l'hydrogène se dégage. Tous les mélanges pulvérulents peu tassés condensent les corps gazeux, par exemple l'azote. La limaille de fer est un de ces corps. Quand nous ajoutons de l'eau à la limaille de fer, il ne se forme pas seulement de la rouille : l'hydrogène qui se dégage de l'eau se combine avec l'azote condensé dans la limaille pour former de l'ammoniaque. La terre végétale joue à la fois le rôle de l'eau et de la limaille de fer; elle condense l'azote dans ses pores, et les matières du terreau, en voie de décomposition, sont des sources d'hydrogène; celui-ci en se dégageant se combine avec l'azote condensé.

Dans une bonne terre l'humate d'ammoniaque ne peut donc pas manquer. Dans l'humate d'ammoniaque l'air et la terre et les débris des plantes et des animaux s'unissent ensemble pour produire la substance alimentaire la plus nécessaire à la réussite du fruit. L'air donne la cause de la décomposition dont il s'agit ici; car elle n'est qu'une combustion lente, et l'oxygène est la cause que, dans les corps en voie de putréfaction, l'hydrogène se dégage. C'est encore de l'air qui provient l'azote que l'hydrogène naissant doit rencontrer; la terre condense l'azote dans ses pores. Enfin l'acide humique résulte des animaux et des plantes en décomposition.

L'humate d'ammoniaque est la substance nutritive la plus nécessaire au froment et aux pois, c'est-à-dire aux aliments les plus riches de l'homme, parce qu'il se change avec la plus grande facilité en albumine, combinaison très-complexe d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui occupe un rang élevé parmi les composés organiques et imprime la première impulsion à la vie de la plante. Par la vie j'entends l'échange de matières.

L'albumine soluble ou des substances qui présentent le plus de ressemblance avec elle, font passer l'amidon de la semence et des racines à l'état de dissolution, c'est-à-dire qu'elles le mettent en mouvement. Ce mouvement produit la germination.

Déjà sortent de la terre les premières petites feuilles vertes, et déjà commence l'absorption de l'acide carbonique de l'air, qui, avec l'aide de l'ammoniaque, de l'eau et des sels, peut métamorphoser ces folioles imperceptibles en un buisson, en une forêt.

La décomposition de l'acide carbonique, qui rend possible l'extrême multiplication des plantes, s'opère dans toutes les parties vertes qui sont exposées à la lumière. Et même elle n'est pas limitée exclusivement aux parties purement vertes; car les feuilles jaunes verdâtres du gui de chêne, qui vit en parasite sur les arbres fruitiers, peuvent décomposer l'acide carbonique (Luck) (1).

Quant à l'acide carbonique, il provient des animaux qui respirent, du bois et de la houille que nous brûlons. La plante ramène le carbone dans le cercle de la vie. Pourtant le carbone n'est fixé que si la plante

(1) Luck, *Annalen* von Liebig, Wœhler und Kopp, LXXVIII, 86.

trouve en même temps des sels dans le sol et de l'oxygène dans l'air. Quand l'oxygène manque, les feuilles vertes ne peuvent pas, même à la lumière, décomposer l'acide carbonique (Théod. de Saussure) (1). L'air et la terre doivent rendre productif l'acide carbonique, qui sans cela s'accumulerait et deviendrait un tourment et un péril pour la vie des hommes et des animaux.

Après que l'ammoniaque et l'acide carbonique ont été transformés en albumine, le bétail qui paît dans les pâturages la rassemble et lui donne la forme la plus convenable pour la nourriture de l'homme. Dans l'agriculture comme dans l'élève des bestiaux, le but principal est la production d'albumine, de graisse et de sels.

Le même acide carbonique, le même azote que les plantes tirent de l'air, de l'acide humique et de l'ammoniaque, deviennent successivement herbe, trèfle, froment, animal et homme, pour redevenir enfin de l'acide carbonique, de l'eau, de l'acide humique et de l'ammoniaque.

C'est en cela que consiste le miracle naturel de la circulation de la matière. Liebig trouve miraculeux que le carbone de notre cœur et l'azote de notre cerveau aient, autrefois peut-être, appartenu à un Égyptien ou à un nègre. La plaisanterie est à mon avis triviale pour ne pas dire de mauvais goût. Cette espèce de métempsycose serait la conséquence la plus mesquine de la circulation de la matière. Le miracle est dans l'éternité de la matière à travers le changement de forme, dans le passage de la matière d'une forme à une autre, dans l'échange de la matière, le premier fondement de la vie terrestre.

(1) Voyez Robin, *Comptes rendus*, XXXIII, 88.

Tout le labeur de l'homme s'effectue sur des voies qui aboutissent, comme autant de rayons, au cercle que la matière doit parcourir. La lutte se rapproche ou s'éloigne du centre suivant les degrés de notre savoir. Plus nous concevons clairement que nous travaillons au plus haut développement de l'humanité, par une judicieuse association d'acide carbonique, d'ammoniaque et de sels, d'acide humique et d'eau, plus aussi deviennent nobles la lutte et le travail au moyen desquels nous cherchons à fixer sur le plus court chemin au dedans du cercle, la rotation des éléments.

Ainsi donc, la sublime création dont nous sommes chaque jour témoins, qui ne laisse rien vieillir, ni rien se perdre, c'est que l'air et les plantes, les animaux et les hommes se tendent partout la main, se purifient, se rajeunissent, se développent et s'anoblissent perpétuellement; c'est que l'individu qui tombe n'est qu'un sacrifice à l'espèce; c'est que la mort même n'est que l'éternité de la circulation de la matière.

SEPTIÈME LETTRE.

LA PLANTE ET LE SOL.

Quand on brûle des feuilles de thé desséchées, on peut à la couleur de la cendre distinguer si l'on avait affaire à du thé de la Chine ou à du thé de Java. La cendre de ce dernier est beaucoup plus colorée en rouge, parce qu'elle contient une plus grande quantité d'oxyde de fer. Aussi l'infusion de thé de Java est-elle plus foncée que celle du thé de la Chine, parce que l'oxyde de fer s'engage avec l'acide tannique des feuilles de thé dans une combinaison d'une couleur bleu noirâtre (Mulder). Il est clair que c'est parce qu'il y a du fer dans cette île fertile que le thé de Java ne peut être estimé à l'égal du thé de la Chine. Dans le sud des États-Unis de l'Amérique du Nord, dans l'Alabama, la Géorgie, la Caroline du Sud, et même dans le Brésil, la culture de thé ne peut acquérir que petit à petit la prospérité et la supériorité qui sont le partage de la Chine. La raison en est en grande partie dans le sol. La fine rave de Teltow ne quitte les sables de la Marche de Brandebourg que pour perdre son goût. Dans le sol fertile de la province du Rhin elle se change en un tubercule informe dans

lequel le Berlinois ne reconnaît plus son mets favori. Il en est pour le tabac et la vigne comme pour le thé et les raves. Le Havane s'abâtardit graduellement à Java, et c'est en vain qu'on a essayé d'obtenir en Amérique avec des vignes d'Europe un cru égal à celui du Rhin (1).

Tous ces faits trouvent l'explication la plus satisfaisante dans le rapport normal qui lie les principes organiques des plantes avec les sels du sol.

Si un amandier produit des amandes douces ou des amères, c'est le lieu où il est planté qui en est la seule cause. Liebig nous apprend que, dans quelques cas, il a suffi de déplacer un arbre qui produisait des amandes amères, pour lui faire produire des amandes douces. Il manque dans ces dernières la substance caractéristique des amandes (l'amygdaline), qui se change en huile d'amandes amères et en acide prussique sous l'action d'un ferment que toutes les amandes renferment.

La nourriture une fois changée imprime une autre direction à la désassimilation dans l'amandier, à tel point que tantôt l'amygdaline se produit, et tantôt ne se produit pas. C'est la même chose pour l'homme avec une nourriture exclusivement animale, son urine contient de l'acide urique comme d'habitude; mais si les végétaux prédominent dans le régime, elle contient au contraire de l'acide hippurique.

Les pommes de terre qui germent dans les caves contiennent un corps vénéneux caractérisé par son affinité pour les acides. Au lieu des bases alcalines et terreuses que les tubercules gisant sur le sol ne pouvaien

(1) Fleischmann, *Froriep's Tagesberichten*, 1851, sept., n°s 373 212, 213.

absorber, apparaît un alcali organique qui se développe au sein même de la plante. Moins le quinquina rencontre de chaux dans la terre, plus il renferme de quinine combinée avec l'acide quinique. De même dans le suc du pavot, l'acide méconique peut être remplacé par l'acide sulfurique.

Dans ces derniers temps on a fait la remarquable observation que les vins contiennent de l'iode. Parmi les vins français ceux qui renferment le plus de ce corps simple, sont les vins des collines granitiques du Beaujolais et du Mâconnais; celui qui en contient le moins, c'est le champagne qui vient sur la craie blanche. Le vin de Bordeaux des terrains tertiaires de la Gironde est plus pauvre en iode que celui qu'on récolte sur la craie verte, depuis Cahors jusqu'à la Rochelle (Chatin) (1).

C'est surtout à titre de remède qu'on recherche le cresson de fontaine qui pousse dans les eaux courantes. Il doit une partie de sa vertu salutaire à l'iode que l'eau courante ajoute continuellement à sa composition, et qui, par conséquent, s'y trouve en plus grande abondance que dans le cresson de fontaine des eaux stagnantes (Chatin).

L'utilité des jachères, des assolements, des engrais minéraux, du gypse, de la marne, des os, démontre d'une manière éloquente la relation matérielle qui lie la plante au sol. Elle avait dans la pratique la valeur d'un fait positif, avant que la science moderne en eût donné la théorie.

Le sol le plus fertile s'épuise à la fin. On sait que les vignobles demandent de la potasse. Nous savons depuis

(1) Chatin, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XVIII; p. 243.

peu par Berthier (1), que cette potasse ne passe dans les raisins qu'en très-faible quantité et qu'au contraire elle entre pour sa plus grande partie dans le bois et les feuilles. Mais le raisin suppose la souche. Et quoique Boussingault, un des hommes les plus savants et les plus expérimentés dans les questions de science agricole, ait démontré que les pommes de terre, le froment, la betterave enlèvent au sol plus de potasse que ne fait la vigne (2), la présence de la potasse dans le sol est néanmoins nécessaire à la vigne. Il est probable que ce n'est pas seulement par ce que la vigne contient de la potasse. Les carbonates alcalins des excréments de la vache sont, d'après Liebig, la cause de l'augmentation de la quantité de sucre dans les raisins.

Puisque les pommes de terre enlèvent au sol la potasse, on abîmerait un vignoble en y plantant des pommes de terre. Une source nourricière qui doit couler pour la vigne serait ainsi tarie.

Sur une surface égale et dans le même temps, le froment tire cinq fois plus de potasse et d'acide phosphorique que les hêtres, et les sapins se contentent d'un peu plus de la moitié de ce que les hêtres consomment de ces substances. C'est là une des différences les plus curieuses qui caractérisent l'opposition de l'agriculture à l'économie forestière. L'agriculture épuise le sol, surtout en potasse et en acide phosphorique. Le régime forestier lui enlève plus particulièrement la chaux (Fresenius) (3).

(1) Berthier, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXIII, 259.

(2) Boussingault, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XVIII, 425.

(3) Heyer, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXII, 188.

Salm-Horstmar a fait voir que l'avoine qui manque de fer perd sa couleur verte, devient pâle et ne peut produire de fleurs ni de fruits (1). Le fluorure de calcium nuit à l'avoine (2), tandis qu'il se trouve dans l'orge. Le sel de cuisine agit d'une manière désavantageuse sur le sarrasin, tandis qu'il est utile à l'orge et à l'avoine, quand on fume en même temps avec du terreau (E. Wolff) (3). D'après Isidore Pierre, les engrais minéraux les plus fertilisants pour le trèfle sont le gypse brut, le nitrate de potasse, le nitrate d'ammoniaque et le sulfate de soude, et, malgré le prix élevé des nitrates, ils sont en même temps les plus économiques eu égard aux produits (4).

Le carbonate de potasse est un engrais excellent pour les betteraves, parce qu'il augmente leur rendement de sucre, tandis que l'engrais animal abaisse la quantité de ce sel et, en revanche, augmente celle des nitrates (Herth) (5).

Voyant que nos graines de céréales sont si riches en gluten azoté, en acide phosphorique et en magnésie, Pierre a recherché s'il n'y aurait pas un sel double, réunissant en soi l'acide phosphorique, la magnésie et l'azote sous la forme de l'ammoniaque, qui agirait d'une manière fertilisante sur les récoltes. Il le trouva dans ce fait qu'une quantité de 150 à 500 kilogrammes de phosphate ammoniaco-magnésien par hectare dé-

(1) Salm-Horstmar, *Erdmann's Journal*, LII, 335.

(2) Id., *ibid.*, 32.

(3) Émile Wolff, *id.*, LI, 55.

(4) Isidore Pierre, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXX, 429.

(5) Herth, *Journal für praktische Chemie*, von Erdmann und Werther, LXIV, 145.

ploie une action extraordinairement avantageuse, le grain de froment y gagnant trois pour cent en poids et le rendement de sarrasin devenant six fois plus grand (1).

Les diverses espèces de plantes demandent donc à la terre des éléments déterminés; et quand ils manquent, il faut les ajouter artificiellement.

En conséquence, l'agriculteur a deux choses à faire. Dans un cas, considérant le champ comme donné, il doit faire choix du fruit en se conformant à la nature du sol. Dans l'autre, au contraire, il veut une certaine récolte, et alors il faut qu'il subordonne l'engrais à la nature du sol. Par exemple, d'après Boussingault, les pommes de terre et les betteraves tirant du sol une quantité extraordinaire de potasse, on ne devra pas planter des betteraves dans un champ dont les pommes de terre ont épuisé la potasse. Il faut choisir, d'après la nature du sol, un autre produit qui n'ait pas besoin de beaucoup de potasse, ou bien améliorer le sol par des jachères qu'on laboure avant la floraison. Les produits de la jachère communiquent aux couches supérieures de la terre les sels, que les racines ont absorbés dans les profondeurs. D'ailleurs, pendant la jachère, l'efflorescence des sels s'opère, et de nouvelles quantités de silicate de potasse viennent se mettre à la disposition des nouvelles récoltes.

C'est dans cette connaissance des besoins de chaque plante que gît tout le secret des assolements et des jachères. Liebig recueillera un honneur impérissable pour avoir appuyé sur des principes scientifiques les propositions empiriques obscures qui réglaient cette

(1) Isidore Pierre, *Annales de chimie et de physique*, 3ᵉ série, t. XXXVI, 60, 61.

matière, et avoir franchement substitué au mystère une loi de la nature.

Dans le vignoble, le rapport est renversé; chaque année il faut qu'il produise des raisins. Le choix de la plante n'est pas subordonné au sol, il faut donc que le fumier réponde aux besoins de la vigne. Voilà pourquoi nous apportons à la vigne des carbonates alcalins, sous forme d'excréments du bétail; car si ces carbonates manquent au point que le vignoble n'en puisse absorber la quantité nécessaire aux sarments et aux pampres, il n'y a pas de soleil qui fasse produire une bonne année. Sans sarments et sans feuilles, pas de raisins.

Néanmoins, il est souvent très-important de savoir que tel élément est utile à la tige et tel autre au fruit. Ainsi, d'après Wolff, le carbonate de potasse favorise l'accroissement de toutes les parties qui contiennent principalement de la cellulose, c'est-à-dire les feuilles et la tige, tandis que les phosphates sont la cause de la récolte du fruit (1). On sait que, dans tous les cas, ce qui caractérise le fruit, c'est sa richesse en acide phosphorique et en albumine. C'est à cause des phosphates et des corps albumineux qu'aucune autre partie de la plante ne peut soutenir la comparaison avec le fruit du froment ou les graines des légumineuses. L'agriculture, tant qu'elle s'occupe des premiers besoins de l'homme, de sa nourriture, n'a pas de plus grande tâche à remplir que de préparer de l'albumine et d'amasser du phosphate de potasse et des combinaisons d'acide phosphorique avec la chaux et la magnésie.

On comprend donc pourquoi les efforts qu'on fait de notre temps sont toujours dirigés vers la solution de ce

(1) Émile Wolff, *Erdmann's Journal*, LII, 73.

problème, dont on comprend de plus en plus l'importance : connaître pour chaque cas le fumier qu'il convient d'appliquer. Et si nous réfléchissons que par suite de l'accroissement constant de la population, le phosphate de chaux, la terre d'os, peut venir à manquer, c'est alors que nous sentons l'immense valeur de la découverte des champs de phosphate de chaux, d'ostéolithe, en Estramadure et en Wetteravie.

Pourtant, ce n'est pas seulement en passant dans la plante que les sels de l'engrais minéral rendent des services.

Le carbonate de chaux, les carbonates terreux en général et les carbonates alcalins abandonnent leur acide carbonique par l'effet de la chaleur. Sous l'action des rayons solaires, le carbonate de chaux de la marne perd d'abord de l'eau, ensuite de l'acide carbonique qui est entraîné par la vapeur d'eau. Ainsi, petit à petit, naissent des combinaisons qui contiennent plus de chaux que les précédentes, un sel de chaux où la chaux l'emporte sur l'acide, un sel basique de chaux (Jacquelain) (1). En hiver, le sel basique absorbe de nouveau plus d'acide carbonique et devient par là une nouvelle source de cet acide pour l'été.

L'influence qu'exerce sur la végétation la marne et les autres corps contenant des carbonates, augmente avec la chaleur. Il faut en tenir compte quand on considère la croissance exubérante des plantes entre les tropiques.

C'est aussi ce qui explique l'action d'un engrais connu dans le nord de l'Allemagne sous le nom de *post*. C'est une plante du genre Chara qui, d'après Schulz-Fleeth (2),

(1) Jacquelain, *Erdmann's Journal*, LIII, 305, 306.
(2) Schulz-Fleeth, *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 94.

a pour caractère une richesse extraordinaire en carbonate de chaux. En automne, on porte ces débris de végétaux sur les champs, et on les laisse se décomposer pendant l'hiver. Or, comme le sol ne manque pas de carbonate de chaux, ce n'est pas par son sel de chaux qu'agit le post : il est, comme la marne, une source d'acide carbonique qui contribue au développement des principes organiques des plantes.

Si l'on fait abstraction des effets immédiats de leurs éléments inorganiques, et aussi de la propriété par laquelle le carbonate de chaux, dissous dans de l'eau contenant de l'acide carbonique, attaque les alcalis et l'acide silicique, et leur donne une forme grâce à laquelle ils peuvent pénétrer dans les racines des plantes ; la marne et le post et les autres combinaisons qui contiennent du carbonate de chaux sont encore utiles en été en dégageant de l'acide carbonique, car l'acide carbonique est un moyen d'opérer la dissolution du carbonate de chaux et d'autres corps qui sont par eux-mêmes insolubles dans l'eau.

C'est ainsi que le sol lui-même devient une source d'acide carbonique. Mais il faut considérer l'ammoniaque de la terre autant et encore plus que l'acide carbonique.

Tous les engrais animaux, et l'urine en particulier, accroissent la richesse du sol en ammoniaque. Les plantes les plus importantes de l'agriculture, les céréales, qui suivent l'homme plus fidèlement, ou au moins aussi fidèlement que les plus fidèles des animaux domestiques, les pois, les haricots, les lentilles, contiennent tant d'azote sous forme d'albumine, qu'il nous faut fournir de l'ammoniaque d'une manière artifi-

cielle pour que ces plantes puissent suffire à nos besoins. On dira que les pommes de terre donnent peu d'azote, même après qu'elles ont reçu beaucoup de fumier (1). Cela ne prouve rien contre les effets du fumier, mais seulement que la plante à pommes de terre n'a pas la faculté de produire dans ses racines une grande quantité d'albumine. Sans fumier, le blé ne peut préparer cette abondance qui fait bénir les bonnes années. Aussi, tous les moyens qui peuvent fixer dans la terre l'ammoniaque volatile par elle-même méritent notre attention. Liebig nous a fait remarquer l'influence du gypse dans ce sens : le gypse est une combinaison de chaux et d'acide sulfurique qui change le carbonate d'ammoniaque en carbonate de chaux et en sulfate d'ammoniaque non volatil. Mène, qui croit avoir découvert cette propriété, a montré que le gypse peut être remplacé par d'autres sulfates, par l'acide sulfurique libre, les sels acides et l'acide nitrique (2). C'est tout naturel, puisque tous ces acides peuvent également fixer l'ammoniaque.

L'acide humique et l'acide crénique valent beaucoup mieux que le gypse; l'acide sulfurique lui-même ne décompose pas entièrement l'humate d'ammoniaque. Ce sel n'offre pas seulement de l'azote à la plante, il lui offre de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène combinés en des proportions qui s'accordent presque avec celles de l'albumine.

C'est par cette raison que le rendement d'une prairie est plus grand, quand elle est arrosée par une eau riche en crénates et apocrénates d'ammoniaque, que lors-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 692.

(2) Mène, *Comptes rendus*, XXXI, 803, 804.

qu'elle reçoit une même quantité d'eau, mais d'une provenance moins pourvue de ces sels (1).

Le sol est la première des grandes influences terrestres qui gouvernent les plantes, les animaux et l'homme. Sur les plaines élevées des Andes, il y a des champs de blé qui depuis deux cents ans donnent chaque année de riches récoltes. On cultive au Pérou et même dans le midi de l'Europe, le maïs sans interruption et avec les meilleurs résultats. Chez nous le blé ne réussit qu'au moyen d'un système intelligent d'assolement. En Virginie la terre est épuisée, on n'y peut produire ni froment, ni tabac.

A cause de la grande variété des mélanges des éléments inorganiques qui tiennent place dans la charpente de la plante, chaque sol a la végétation qui lui est particulière, et comme un anneau rattache l'homme à la terre. C'est par les plantes que nous tenons à la terre; elles sont nos racines, par elles nous suçons dans les champs l'albumine de notre sang et le phosphate de chaux de nos os. C'est ainsi que ces mots: «l'homme attaché à la glèbe» acquièrent un sens profond et matériel. La civilisation est une dépendance de ces actions du sol auxquelles on fait rarement attention, tantôt par orgueil, parce que l'on ne veut pas regarder derrière la cause la plus prochaine, tantôt par humilité, parce qu'on se contente de la plus lointaine de toutes.

(1) Chevandier et Salvetat, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXIV, 320.

HUITIÈME LETTRE.

LES PLANTES ET LES ANIMAUX.

« Les herbivores vivent de la même nourriture que les » carnivores, les uns et les autres consomment de l'albu- » mine; les premiers de l'albumine des végétaux; les » seconds de celle des animaux, mais l'albumine est la » même pour les uns et pour les autres (1). »

C'est en ces termes pleins de simplicité que Mulder fit connaître en 1838 une des lois les plus importantes qu'ait trouvées le XIX[e] siècle, une loi qui a acquis une autorité générale sans que Mulder ait sonné la trompette pour lui procurer des adhésions. Depuis lors la science de l'alimentation est entrée dans une ère nouvelle, la plus intéressante de toutes.

Par suite de la propriété qu'elles ont de préparer, avec de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de l'eau et de quelques sels, l'albumine, c'est-à-dire le corps organique dont la composition est la plus compliquée, les plantes entraînent sans relâche dans le tourbillon

(1) Mulder, in *Natuur-en Scheikundig archief uitgegeven door Mulder en Wenckebach*. Leyd, 1838, p. 128.

de la vie terrestre la zone d'air qui enveloppe notre globe. Les plantes font de l'albumine avec de l'acide carbonique, de l'eau, et de l'ammoniaque, de l'amidon et du sucre avec de l'acide carbonique et de l'eau, et de la graisse avec de l'amidon. L'albumine, le sucre et la graisse sont les matières qui jouent le plus grand rôle dans l'alimentation des animaux. De sorte qu'on peut dire que les animaux et l'homme, au moyen des plantes, proviennent de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de l'eau de l'atmosphère et de quelques sels du sol.

Telle est la part essentielle que prend l'air dans l'acte créateur de la terre. En changeant l'acide carbonique et l'eau en sucre et en graisse, la plante amène la résurrection de la vie animale, qui provient toute entière de l'air et de la terre, comme l'enseigne le mythe biblique, mais par l'aide toute-puissante des végétaux. Mais la plante crée l'air à son tour. L'acide carbonique qui mérite son nom de phytogène à cause du rôle prépondérant que son carbone joue dans la formation de la plante, celle-ci le décompose sous l'influence de la lumière et exhale son oxygène. De plus elle élimine aussi de l'azote. Des plantes d'eau qui poussent dans une eau privée d'azote, en dégagent néanmoins; elles le tirent de leurs parties azotées (1). Et l'oxygène et

(1) Cloëz et Gratiolet ont trouvé dans l'air dégagé par le potamogeton dans une eau sans azote 57,50 pour 100 d'azote. Dans ce cas, l'azote contenu dans la plante diminua, sur 100 parties de la plante desséchée, de 5,23 à 3,74. (*Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XX, p. 42, 43.) Déjà auparavant, de Saussure et Draper ont appelé l'attention sur le dégagement d'azote par les plantes. Draper le regarde comme étant positivement une élimination. Ad. et W. Knopp ont trouvé, il y a peu de temps, qu'une espèce de myrio-

l'azote sont les deux gaz principaux du mélange que nous appelons l'air atmosphérique.

Cet oxygène agit sans interruption dans la combustion des végétaux et des animaux. C'est tout à fait sans raison et parce qu'il se plaît à faire des catégories que Liebig prétend que l'influence de l'oxygène n'a absolument rien à faire dans la vie des plantes (1). C'est précisément au moment de la plus haute activité vitale, pendant la germination de la graine et pendant la floraison, qu'il se fait la plus grande absorption d'oxygène (Boussingault, de Vriese). Vogel, à Munich, a fait voir que pendant la germination il se forme de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'eau (2). Il y a beaucoup de champignons qui absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique, ainsi que Liebig lui-même le rapporte dans ses lettres.

Dans tous les cas, il est incontestable que l'intervention de l'oxygène dans la vie des bêtes est bien plus puissante. La respiration des animaux et de l'homme est une combustion incessante. L'oxygène que nous inspirons, brûle le sang pour former les tissus, et brûle les tissus pour former de l'acide carbonique, de l'eau et de l'urée. La lumière favorise cette combustion, de même que dans la plante la décomposition de l'acide carbonique est un effet de lumière. J'ai trouvé dans mes expériences sur des grenouilles, que le corps de ces

phyllum remplit d'azote en dix heures un espace plus grand que celui que la plante occupe elle-même. (*Froriep's Tagesberichte*, sept. 1851, Botanik, 220.)

(1) Liebig, *Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Braunschweig, 1846, 6[te] Aufl., 29.

(2) Vogel, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3[e] série, t. XXV, 256, 257.

animaux, pour le même poids et dans le même temps, fournit plus d'acide carbonique à la lumière que dans l'obscurité (1). Nous exhalons de l'acide carbonique et de l'eau. Beaucoup d'infusoires font cependant exception à cette règle générale du règne animal, comme nous avons vu que des champignons en font une dans le règne végétal. Ils absorbent de l'acide carbonique et expirent de l'oxygène (Wœhler, les Morren). Malgré cette exception, l'influence de l'oxygène étend sa domination sur les végétaux et les animaux, et se manifeste sous la forme de combustion.

Ainsi tombe une distinction de nos jours trop bien accueillie, d'après laquelle on voulait opposer d'une manière absolue les plantes aux animaux. Les plantes prépareraient les matières par voie de réduction, les animaux les consommeraient par voie d'oxydation.

L'oxygène est si destructeur que les animaux et les plantes, les uns comme les autres, succombent sous son action, et pourtant si nous ne voyions dans l'oxygène qu'une force destructive des animaux, nous donnerions la preuve que notre vue n'a qu'une faible portée. La condition indispensable de la transformation des substances albumineuses du sang en tissus, en os, en cartilages, en muscles, est une absorption d'oxygène, tout aussi bien que dans le cas où le muscle se change en acide carbonique, en eau et en urée. Le corps de

(1) Jac. Moleschott, *De l'influence de la lumière sur la quantité d'acide carbonique éliminée du corps de l'animal* (*Wittelshöfer's Wiener medicinische Wochenschrift*, Jahrgang 1855, 681). Voyez *Licht und Leben*, Discours d'ouverture du cours public de physiologie à l'Université de Zurich prononcé le 21 juin 1856 par Jac. Moleschott, 2te Aufl., Frankfurt a. M., 1856.

l'homme ne prospère qu'à la lumière par la même raison que des grenouilles exposées à son action exhalent plus d'acide carbonique que celles qu'on a placées dans l'obscurité. Dans l'obscurité l'économie met en réserve une plus grande quantité de graisse qui, sous l'influence de la lumière, se décompose plus promptement en acide carbonique et en eau. C'est ce qui explique que les oies s'engraissent plus facilement dans l'obscurité. Mais si l'on peut, avec l'aide de l'obscurité, réussir à faire de gras rôtis d'oie, avec elle on ne fera jamais d'hommes robustes.

La recomposition et la décomposition se donnent la main, elles ont toutes les deux besoin d'oxygène, c'est le signe de leur parenté. Ce serait donc ne voir qu'un côté des choses, que de faire un caractère général, absolu, de l'opinion que les plantes préparent ce que les animaux consomment. D'ordinaire ces divisions faites à l'emporte-pièce sont filles de l'idée préconçue, que la nature marche vers un but. C'est en vertu d'un seul et même principe étroit, d'un penchant enfantin de l'intelligence que l'on conçoit la nature sous la forme d'un établissement destiné à être distribué dans les cases du cerveau humain, et qu'après l'avoir rabaissée en la personnifiant, on lui attribue ces idées de finalité, et on lui fait créer les plantes afin qu'elles préparent de la nourriture pour les animaux et l'homme afin qu'il respire pour les plantes.

Mais dès que nous considérons les plantes et les animaux dans la grande économie de la vie organique, et dans ces rapports toujours mobiles, qui se pénètrent partout les uns les autres, nous sommes prêts à renoncer sans regret à toute fantaisie de classification; cependant nous ne pouvons assurément pas méconnaître

le grand contraste qui assigne à la plante une activité inférieure.

Organiser l'air et la terre, c'est l'essence de la vie végétale. Le corps de la plante pour ce qui est de sa partie solide, se compose surtout de cellulose, c'est-à-dire d'une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène réunis exactement en même quantité que dans l'amidon, mais arrangés autrement. Toutes les parois des jeunes cellules sont formées par de la cellulose. Il n'y a pas de doute que cette cellulose ne provienne de l'acide carbonique et de l'eau. L'acide carbonique et l'eau sont extraordinairement plus riches en oxygène que la cellulose, l'amidon et le sucre. Pour que la cellulose naisse aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau, il faut donc nécessairement qu'ils fassent l'un et l'autre une perte considérable d'oxygène. On comprend déjà pourquoi la plante rend de l'oxygène en échange de l'acide carbonique qu'elle absorbe. L'élimination de l'oxygène est la première cause de la vie, et de l'accroissement du végétal. A cette élimination d'oxygène est liée, d'une manière indissoluble, la combinaison d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque sous forme de cellulose, de graisse et d'albumine, au moyen de laquelle la plante élève la matière brute au rang de composé organique et lui fait revêtir des formes organisées.

A ce point de vue on peut dire que le développement progressif de la matière à l'état de vie organique, consiste dans une déperdition d'oxygène.

Pour l'animal, c'est autre chose. Déjà l'albumine se brûle dans le sang pour former de la fibrine qui se coagule spontanément hors du corps. La substance principale des muscles, qui ne diffère de la fibrine du sang

que légèrement, présente le même degré de combustion. Nous trouvons une autre combinaison d'albumine avec l'oxygène dans la peau de l'enfant avant la naissance et dans celle du nouveau-né ; cette combinaison se change peu à peu en matière conjonctive qui se compose des mêmes principes gélatineux que les os. Quand on fait bouillir cette matière conjonctive ou des os, on obtient de la colle forte.

Le développement du sang, l'organisation de ses parties en tissus, sont donc liés à une absorption d'oxygène; car la combustion n'est qu'une combinaison avec l'oxygène.

La conséquence de cette combustion qui ne s'opère que petit à petit, forme, en premier lieu, le cerveau et les muscles, et peu à peu s'avance jusqu'à former de l'urée, de l'acide carbonique et de l'eau, c'est positivement une décomposition de la matière. Nous voyons les éléments du corps des animaux descendre du degré de composition organique où les avait portés la vie végétale, et rentrer dans l'air amorphe et le chaos de la terre.

C'est dans ce sens, et seulement dans ce sens que l'on peut dire que les plantes préparent ce que les animaux consomment. Les faibles modifications que l'animal fait subir aux substances végétales pour en construire son propre corps font apparaître d'autres propriétés de la matière. Plus un être est chargé du rôle d'organiser le monde matériel, plus l'activité que déploie d'autre part le mouvement de sa substance est insignifiante. La plante ne pense pas.

Par conséquent, nous pouvons dire que la différence essentielle qui sépare l'animal de la plante, qui caractérise le mécanisme intérieur de leur vie c'est que la

plante enlève à la matière son oxygène, tandis que l'animal la livre degré par degré à une combustion complète.

Cette tendance naturelle est si grande, que la plante opère la plus forte soustraction d'oxygène que le chimiste pourrait effectuer avec ses puissants réactifs, et que l'animal accomplit les actes les plus énergiques de la combustion.

Les nitrates d'argent et de mercure sont réduits dans la plante à l'état métallique tout à fait libre d'oxygène (Vogel).

La formation du salpêtre, sel composé d'acide nitrique et de potasse, ou d'acide nitrique et de soude, se fait dans la nature par la combustion de l'ammoniaque. Quand l'ammoniaque se combine avec l'oxygène, il se forme de l'acide nitrique et de l'eau, et cela se fait encore plus facilement si l'acide nitrique rencontre de la potasse ou de la soude, et peut s'unir avec elles pour former des sels. Un sel n'est autre chose qu'une combinaison d'un acide avec un alcali.

Quand nous introduisons dans le sang qui est alcalin, une combinaison d'ammoniaque avec le chlore ; il se fait dans le corps de l'homme de l'acide nitrique, on retrouve l'ammoniaque dans l'urine sous forme d'acide nitrique. L'emploi du tartrate de potasse rend en peu de temps l'urine alcaline, au contraire, elle reste acide si l'on a employé du tartrate ou du carbonate d'ammoniaque. L'ammoniaque est éliminée avec l'urine sous forme d'acide nitrique et d'eau (Bence Jones) (1).

(1) Bence Jones, *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 898. Voyez la réponse de Jaffé, *Journal für praktische Chemie*, LIX, 239, 240, et la réplique de Bence Jones, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCII, 96, 97.

En reportant la pensée sur cette élimination d'oxygène qu'opère la plante, et sur la combustion qui a lieu dans l'animal, on peut soutenir que l'intensité de la vie se mesure, dans la plante par l'oxygène, et dans l'animal, par l'acide carbonique qu'ils dégagent.

C'est par l'oxygène que la plante exhale que l'homme respire; c'est par l'acide carbonique que l'animal échange contre de l'oxygène que la plante vit; c'est en dégageant de l'oxygène que les plantes purifient l'air.

On a quelquefois manifesté de l'inquiétude qu'après des centaines et des milliers d'années, il pourrait arriver un temps où le monde végétal ne suffirait plus à entretenir la vie animale, où il n'y aurait plus assez d'arbres pour purifier l'air avec leur feuillage. La quantité d'oxygène que les plantes dégagent en décomposant l'acide carbonique deviendrait alors trop petite pour subvenir aux besoins de la respiration de l'homme. On se figurait donc que les herbivores dévoreraient tout le règne végétal, et que les carnivores détruiraient les herbivores.

Il n'y a pas d'idée qui résiste moins à un examen attentif. Il résulte des pesées que fait le chimiste et c'est une de leurs conséquences les plus importantes, que pas une des molécules de matière contenue dans le cercle d'attraction de notre terre, ne peut se perdre. La quantité d'azote de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, de soufre et de phosphore, qui composent les substances organiques des corps vivants, n'est pas sujette à des perturbations. Seule la distribution change. On ne peut imaginer qu'un petit animal nouvellement né, ou que le nourrisson, continue à vivre sans fournir en même temps une source permanente de nourriture pour les plantes avec l'acide carbonique qu'il expire.

La variété des espèces d'animaux et de végétaux se révèle bien moins par la quantité d'azote, de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, de soufre et de phosphore contenus dans les individus qui les représentent, que par les proportions différentes d'après lesquelles ces éléments sont combinés les uns avec les autres. Cependant ces proportions supposent, en définitive, la présence de certaines substances inorganiques telles que du sel de cuisine, du cristal de roche, du phosphate de chaux. Ces substances produisent les combinaisons caractéristiques des corps organiques, tantôt par leur seule présence, tantôt par leur quantité.

Le sel de cuisine, le cristal de roche, le phosphate de chaux et de quelque nom qu'elles s'appellent, les matières inorganiques qui entrent dans la vie des plantes comme condition de l'espèce, ne sont pas seulement accumulées en couches puissantes dans l'écorce du globe; mais elles sont encore mises en réserve dans de riches magasins à la surface de la terre. Ces magasins ce sont les corps des végétaux et des animaux; ces magasins sont inépuisables parce que les moules de l'animal et de la plante sont périssables.

Nous brûlons un bois de pins, et plus tard nous voyons à la même place mûrir un champ de blé. Nous brûlons des bruyères, et avec leurs cendres, nous changeons une lande en terre labourable. La potasse, la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, que renfermaient les pins et les bruyères entraînent l'acide carbonique et l'ammoniaque de l'air, ainsi que l'eau de la pluie, à former de nouvelles combinaisons. En s'unissant ils forment les principes des corps des plantes alimentaires.

La chaux, la magnésie, la potasse, l'acide phospho-

rique et l'acide sulfurique qui sont contenus dans les plantes et les minéraux que j'ai cités et qui déterminent la production des végétaux utiles, sont accumulés en quantités énormes dans les forêts vierges d'Amérique. Les éclaircir, et dispenser sur le sol leur chaux, leur potasse et leur acide phosphorique, c'est donner à nos plantes alimentaires et à nos animaux domestiques de nouveaux instruments qui leur servent à réunir l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène et à leur donner les formes de leurs propres combinaisons organiques. Ainsi les forêts vierges d'Amérique se transforment peu à peu en fruits des champs, en animaux domestiques et en nouveaux hommes. Chaque journée salue un monde nouveau, une nouvelle distribution des matières; de sorte que sous le soleil tout est nouveau, éternellement nouveau.

Mais jamais l'homme ne pourra détruire les animaux, jamais l'animal ne détruira les plantes, au point de ne plus laisser assez de feuilles vertes pour purifier l'air. Pendant la vie et après leur mort, l'homme et l'animal se transforment en substances qui ne peuvent nourrir que les plantes, et il n'y a que les plantes qui puissent avec ces substances préparer les combinaisons qui servent à reconstruire le corps des hommes et celui des animaux.

Il n'y a pas longtemps qu'un savant scrupuleux et profond a observé les variations de l'air qui surviennent dans la Nouvelle-Grenade à la suite des grands incendies annuels de forêts, que les indigènes appellent *las quemas*. Après ces incendies, la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air peut devenir dix fois plus grande, et celle de l'oxygène baisser en proportion. La cellulose et les matières ligneuses de la forêt ont

changé leur carbone en acide carbonique aux dépens de l'oxygène de l'air. Cet acide carbonique sert de nourriture aux céréales et aux pois (1).

Sans acide carbonique, une riche végétation est impossible. Il faut l'oxygène de l'air à la respiration des animaux. Mais la quantité d'oxygène contenue dans l'air peut varier, l'azote en particulier que renferme le cercle gazeux qui enveloppe la terre peut être remplacé par de l'hydrogène, et la quantité d'acide carbonique y peut être considérablement augmentée, sans qu'il se produise de la gêne dans la respiration pourvu qu'il y ait de l'oxygène (Regnault et Reiset).

Les plantes peuvent rester longtemps dans un air composé d'hydrogène et d'azote, sans souffrir de dommage (De Saussure, J. H. et C. Gladstone) (2). La proportion des gaz de l'air pourraient donc subir des variations passablement considérables sans devenir un péril pour la vie des plantes et des animaux. C'est le contraste qui existe entre les animaux et les plantes qui seul pose à ces variations des limites relativement étroites. L'ordre actuel du monde ne subsiste que par l'atmosphère actuelle.

Mais s'il est vrai que la plante par sa propriété de réduire les corps oxygénés offre un remarquable contraste avec l'animal qui subit une combustion continue, il est aussi vrai de dire que ce contraste est peu exclusif et que par conséquent il ne peut servir de base à une classification.

(1) Lewy, *Comptes rendus*, t. XXXIII, 348, 349.

(2) J. H. Gladstone et C. Gladstone, *Philosophical Magazine*, sept. 1851, 220, 221.

Nous avons déjà vu que la plante n'échappe pas à la combustion. Pendant la nuit les plantes absorbent de l'oxygène au lieu d'acide carbonique, et elles exhalent de l'acide carbonique. Ce qui caractérise la germination et la floraison, c'est une combustion. Le contraire de ce qui se passe ordinairement, le caractère de la vie nocturne des plantes se montre déjà dans l'exposition à l'ombre dans le crépuscule, dans les jours sombres (Garreau). Il en est de même d'après Ch. Morren pendant une éclipse de soleil (1).

Cette exception a dans le règne animal un pendant d'une importance au moins égale.

J'ai toujours cru que ce que Liebig a fait de plus beau en faveur de la théorie de l'échange de la matière, c'est d'avoir montré comment la graisse se forme dans le corps de l'animal. Une vache qui produit du lait et du beurre, ne reçoit dans sa nourriture que la quantité de graisse qu'elle dépense dans ses excréments. La graisse de son beurre, elle la doit à la cellulose et à l'amidon du fourrage. Dans le corps de l'herbivore, la cellulose devient de l'amidon et l'amidon du sucre. L'homme aussi change de l'amidon en sucre, le sucre en acide lactique, l'acide lactique en acide butyrique. Voilà les degrés qui conduisent à la production de la graisse, et ce qui justifie le nom d'adipogènes qu'on donne à l'amidon et au sucre.

La loi de Mulder, que les plantes préparent l'albumine, et celle de Liebig, que les animaux fabriquent de la graisse, sont deux conquêtes qui pourraient seules

(1) Garreau, *Comptes rendus*, t. XXXII, 298, 299. Ch. Morren, Institut, 24 décembre 1851, 413.

assurer à notre siècle une place honorable dans l'histoire de la science. Ces lois font de Mulder et de Liebig les premiers fondateurs de la science de l'échange de la matière, qui suit pas à pas la matière dans son développement sur toutes les voies de sa vaste circulation. Et qu'on ne croie pas que la plante soit dépourvue de la faculté de faire de la graisse ; dans les graines huileuses c'est sans doute l'amidon qui se change en graisse, et il n'est pas impossible que la plante prépare encore cette graisse avec de l'acide carbonique et de l'eau.

La préparation de la graisse dans le corps de l'animal fait le pendant à la combustion dans le corps végétal. Cette fabrication de la graisse tient tout à fait à une perte d'oxygène.

Dans l'amidon et le sucre, qui ne se composent que de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, les deux derniers éléments se trouvent combinés dans le même rapport que dans l'eau.

Tous les corps gras, au contraire, sont beaucoup plus pauvres en oxygène.

Lorsque dans l'animal, le sucre dans son évolution marche jusqu'à l'acide butyrique en passant par l'acide lactique, la combinaison primitive perd environ un tiers de l'oxygène qu'elle possédait encore à l'état d'acide lactique.

C'est par la production de la graisse que le caractère le plus important de l'échange de la matière tel qu'il se fait dans les végétaux apparaît dans la vie animale. Et, quand la fabrication de la graisse devient prépondérante dans le corps de l'homme ou de l'animal, elle l'abaisse au rang de la plante. Parmi les enfants, ceux qui depuis leur naissance sont atteints d'obésité, ont en règle géné-

rale, l'intelligence imparfaitement développée. (Chambert) (1).

Végéter signifie combiner des corps simples en des corps susceptibles d'organisation. Ce résultat s'obtient par une réduction d'oxygène. La fabrication de la graisse est le dernier terme de la série.

Manifester la sensibilité, le mouvement, la pensée à tous les degrés en nombre infini, jusqu'à la disparition complète de la mémoire, en brûlant des combinaisons organiques : cela veut dire être animal.

Nous pensons parce que la plante végète.

(1) Chambert, *Edinburgh medical and surgical Journal*, CLXXXIX, 462.

NEUVIÈME LETTRE.

NUTRITION ET RESPIRATION.

Une des erreurs les plus singulières qu'ait fait naître une classification de Liebig, dont on a souvent vanté la profondeur, c'est l'opposition entre la nutrition et la respiration.

Liebig a classé les matières alimentaires en nutritives et respiratoires. D'après cette manière de voir, les corps albuminoïdes sont des matières nutritives, ils prennent une part directe à la formation des tissus; Liebig les appelle aussi éléments plastiques du corps.

La graisse et les adipogènes, c'est-à-dire l'amidon et le sucre, auraient un tout autre rôle. Ils se combinent dans le sang avec l'oxygène inspiré; ce sont là, à proprement parler, les matières combustibles du corps, ce sont des ressources respiratoires parce qu'elles fixent l'oxygène en brûlant. Liebig considère l'oxygène comme une puissance ennemie contre laquelle le corps doit lutter. Celui-ci lutte d'une manière passive en abandonnant la graisse à l'oxygène. La graisse est la proie de l'oxygène. « L'oxygène fait un choix parmi les matières

» qui sont aptes à former avec lui des combinaisons (1).
» L'amidon, le sucre, la graisse, servent de protection à
» nos organes (2). »

Voilà le fond de cette conception. Les corps albuminoïdes servent à la construction, la graisse et les adipogènes sont la proie de la destruction.

En présence de cette manière de voir, tout ménagement, toute tentative de conciliation est une faute. Elle est absurde d'un bout à l'autre, elle est fausse dans son principe, fausse dans toutes ses conséquences et dans ses applications.

Le principe de cette division des substances alimentaires en nutritives et respiratoires est une opposition qu'on ne peut comprendre, qu'à la condition de ne considérer qu'un côté de l'acte de la respiration. C'est un produit de ces étroites idées de finalité que Spinoza a combattues, que George Forster a vaincues en y portant la clarté la plus féconde, mais qui captivent, encore aujourd'hui, la plus grande partie des savants, le plus souvent sans qu'ils s'en doutent. Le mirage d'un but rend toujours exclusif; celui qui veut atteindre un but laisse de côté tout ce qui s'en écarte.

J'ai déjà dit que Liebig voyait dans l'action de l'oxygène une attaque hostile, une force destructive du corps. L'oxygène n'a pour but que la combustion, et puisque la combustion produit de la chaleur, le but de l'oxygène est de produire de la chaleur. Liebig le dit en ces termes : « La nature a destiné les principes alimentaires non azotés à entretenir la source de chaleur » dans l'animal, et nous trouvons que tous les aliments

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 405.
(2) Id., *ibid.*, 483.

» sont composés en vue de ce but le plus sagement qu'il » soit possible (1). »

La combustion et la production de la chaleur sont, d'après Liebig, des buts en eux-mêmes, et tout ce qui atteint ces buts est un aliment respiratoire. L'huile de poisson et l'alcool, le beurre et l'amidon, toutes les combinaisons qui renferment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et qui ont besoin d'absorber beaucoup d'oxygène pour se décomposer en acide carbonique et en eau, sont des matières combustibles appropriées aux besoins de la respiration.

Si l'on voit là une finalité, c'est qu'on ne voit qu'un côté de la question, je le répète, on ne voit qu'un côté et pas autre chose.

Dans l'absorption d'oxygène, il y a la cause d'une modification dont on a encore trop peu apprécié la valeur, et qui cependant, au point de vue matériel, explique seule l'acte de la nutrition.

Le développement des matières qui jouent le rôle le plus important dans la formation des tissus se fait par une combustion lente.

Déjà dans le sang, l'albumine devient plus riche en oxygène. Le corps qui, en se coagulant, emprisonne les globules colorés du sang et forme ainsi un caillot dans le sang tiré de la veine, n'est que le produit de la combustion de l'albumine. On l'appelle fibrine, parce que lorsqu'on bat fortement le sang avec des verges, elle se coagule en filaments.

C'est à l'albumine du sang que la chair doit ses fibres. Comme l'élément du sang spontanément coagulable, la substance de ces fibres se distingue de l'albumine par

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 490.

une plus grande quantité d'oxygène. Une absorption d'oxygène et une combustion lente de l'albumine du sang, voilà les conditions de l'existence des muscles; le développement de la chair musculaire est une conséquence de la respiration, une conséquence qui suppose la respiration comme sa cause indispensable.

La caséine est un des éléments du sang, des parois des vaisseaux sanguins, du tissu conjonctif sous-cutané, du ligament cervical. On trouve de la caséine dans le sang, même quand il n'y a pas eu au préalable ingestion de lait, et en dehors de l'époque de la lactation. La caséine fait partie des corps albuminoïdes, elle se distingue de l'albumine parce qu'elle ne contient pas de phosphore, et qu'elle a moins de soufre qu'elle. Si la caséine provient de l'albumine, il faut que l'albumine perde son phosphore et une partie de son soufre, c'est l'oxygène qui les lui enlève. Le phosphore et le soufre brûlent pour former de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique, qui se combinent avec la soude du bicarbonate de soude du sang, pour former des phosphates et des sulfates.

La transformation de l'albumine en caséine est une combustion lente. La formation de la paroi des vaisseaux du tissu conjonctif sous-cutané et du ligament cervical est due à la respiration.

C'est encore de l'albumine, à un degré plus avancé de combustion, qui forme l'élément le plus essentiel de la peau des enfants nouveau-nés. Sans l'oxygène que la respiration de la mère apporte au sang de l'enfant, la peau du fœtus ne pourrait s'organiser. La substance fondamentale des os et des fibres qui, sous forme de ligaments, relient entre elles toutes les parties du corps, le principe des os et du tissu conjonctif, que la

coction réduit en colle, ne doit son origine qu'à un abondant mélange d'oxygène avec le sang. La colle et les tissus réductibles en colle occupent un degré élevé dans l'échelle de la combustion de l'albumine (1).

Les muscles, les ligaments, les os, les vaisseaux, les poils et les cartilages n'existent que par le fait de la combustion, par la respiration. Et le cerveau cesse de penser si le sang ne lui apporte plus d'oxygène.

Ainsi, loin que les organes du corps de l'animal soient protégés contre l'action de l'oxygène par l'amidon, la graisse et le sucre, ils n'existent que par l'action immédiate de l'oxygène. Autant que possible, il faut comprendre ceci à la lettre; la respiration forme et développe, aux dépens des substances du sang, les muscles comme les os, le cœur comme la peau.

La formation de la peau, des os, des muscles, des ligaments, bref de tous les tissus solides et des éléments anatomiques qui composent les organes du corps, c'est l'acte que le physiologiste appelle nutrition. Il ne peut donc pas y avoir d'opposition entre la respiration et la nutrition, puisque celle-ci ne se soutient que par le secours de celle-là.

Il est donc radicalement absurde de dire, qu'il y a des substances alimentaires prédestinées à écarter l'oxygène de l'albumine, qu'il y a des aliments respiratoires qui, en absorbant l'oxygène, obéissent à leur vocation de protéger les organes contre la force destructive de cet élément.

Mais si l'on veut suivre cette division dans les appli-

(1) Afin d'embrasser d'un coup d'œil ces rapports, voyez, par exemple, les tables dans l'*Abrégé de physiologie*, de Valentin, 3e édition, 114, 116.

cations, on ne la trouve pas moins absurde. Une division n'est légitime qu'autant qu'elle est à la fois complète et exclusive. On n'aurait le droit de diviser les substances alimentaires en plastiques et en respiratoires que dans un seul cas : si aucune des respiratoires n'était en même temps plastique, et aucune des plastiques respiratoire.

Pour Liebig, « les parties constitutives azotées de la » nourriture seules sont plastiques et fortifiantes (1). Les » corps albumineux seuls sont les matériaux du corps. » De l'eau et de la graisse il ne résulte que beaucoup de » propriétés physiques des organes ; l'eau et la graisse » ne sont pompées que mécaniquement comme dans » une éponge ; l'eau et la graisse ne possèdent jamais » une forme organique propre (2) ; elles n'ont jamais de » propriétés vitales (3). »

Pas un seul de ces caractères n'est de nature à produire une opposition radicale et exclusive entre les matières grasses et les corps albuminoïdes.

Le tissu qui occupe dans le corps le rang le plus élevé, le principal substrat des propriétés de la matière qui produisent l'état de vie, le tissu du cerveau et des nerfs, ne peut exister sans graisse. Ni les fibres nerveuses, ni les cellules nerveuses ne peuvent, sans graisse, conserver leur forme propre, ni leurs autres caractères distinctifs. Ce qui donne à la fibre nerveuse sa forme, ce n'est pas l'albumine seule, ni la graisse seule qu'on trouve dans la moelle de la fibre, ni le composé spécial de matière réductible en colle et de substance élastique

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 484.
(2) Id., *ibid.*, 454, 455.
(3) Id., *ibid.*, 471.

qui forme son enveloppe, ni la quantité surprenante de phosphates qui entre dans la composition du cerveau. Ce n'est que lorsque toutes ces matières sont réunies qu'elles sont en état de revêtir la forme des fibres et des cellules nerveuses.

Nous savons que les corpuscules incolores du sang doivent leur formation à la graisse que la nourriture a introduite dans la circulation. La première cellule qui se forme dans le corps, celle dont la naissance est le point de départ de toute organisation, n'est pas possible sans la présence d'une abondante quantité de graisse.

Les globules du jaune de l'œuf, les globules du lait, les cellules de graisse se composent avant tout de graisse, les premières granulations qui se séparent du blastème s'unissent pour former des grains et préparent la formation des cellules, se composent de graisse enveloppée d'un mince tégument d'albumine. Dans les globules du lait, la graisse est si abondante, et la pellicule de caséine qui l'enferme, si extraordinairement mince, qu'on pourrait avec raison regarder la graisse comme la cause de la forme aussi bien que la caséine.

Il ne faut pas s'étonner que Liebig lui-même le dise : «La graisse prend part à la formation des cellules (1). » Seulement, il eût été logique qu'il avouât que c'est précisément pour cela que la graisse aussi est plastique, aussi bien que l'albumine, et d'une manière tellement essentielle qu'on ne peut décider avec certitude, pour la plupart des tissus, lequel des deux, de la graisse ou du corps albumineux, a été la première cause de leur développement.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 454.

Et que dirons-nous maintenant des sels qui ne contiennent pas plus d'azote que la graisse? Est-ce que l'os pourrait exister sans phosphate de chaux, et le cartilage sans sel de cuisine? Les organes du corps de l'animal ne sont pas moins dépendants de leurs parties terreuses et salines que de l'albumine et de la graisse. Le phosphate de chaux est un *ostéogène* aussi indispensable que le principe organique, qui se transforme en gélatine par la coction.

On trouve dans le sperme de très-petits éléments anatomiques qu'on ne peut voir qu'avec un fort grossissement, auxquels on a donné le nom impropre d'animalcules spermatiques à cause d'une tête large et courte, d'une queue effilée, longue et terminée en pointe qu'ils présentent et des mouvements curieux qu'ils accomplissent. On peut brûler ces corpuscules, pourvu que ce soit avec précaution, sans détruire leur forme. (Valentin). Les matières inorganiques présentent la figure primitive indépendante du corps azoté que la combustion a détruit.

Sans doute cette figure n'est pas tout l'élément, pas plus que la fibrine des muscles ne forme toute la fibre musculaire ou l'albumine la cellule nerveuse, ou la corne la cellule cornée. C'est pour cette raison que Liebig n'a point indiqué de différence entre la graisse et l'albumine ou les matières semblables à l'albumine, quand il soutient que la graisse ne possède jamais une forme organique propre.

La graisse rend la moelle des os légère, l'eau rend le sang fluide, le phosphate de chaux donne du poids à l'ivoire des os et de la dureté à l'émail des dents, la fibrine permet aux muscles de se raccourcir, la substance azotée du ligament cervical lui donne l'élasticité.

Toutes les matières du corps, tous les éléments anatomiques, tous les organes ont leurs caractères physiques propres. Où donc est cette différence dont parlait Liebig quand il disait que de l'eau et de la graisse dépendent beaucoup de propriétés physiques des tissus? Est-ce que l'albumine du plasma est pompée mécaniquement, dans le foie ou les reins, par exemple, d'une autre manière qu'une partie de la graisse l'est dans le tissu cellulaire sous-cutané?

Mais, dit Liebig, les parties constitutives azotées des organes ont des propriétés vitales. Ou cela ne signifie rien, ou cela veut dire que les divers organes doivent aux substances albuminoïdes ou à leurs dérivés azotés les propriétés que la matière vivante manifeste en eux. Parmi ces propriétés le pouvoir sensitif des nerfs occupe certes le premier rang; mais comme la fibre nerveuse n'existe pas sans graisse, je voudrais savoir sur quoi l'on se fonde pour dire que le cerveau et les nerfs possèdent des « propriétés vitales », seulement par l'albumine et non par la graisse.

Enfin, parmi les probabilités sur lesquelles Liebig appuie son hypothèse d'une opposition entre les aliments plastiques et les aliments respiratoires, nous trouvons cette affirmation, « que les parties constitutives non azotées des organes de notre corps » peuvent être enlevées par des dissolvants sans que la structure des parties organiques soit le moins du monde changée (1).

Mais d'une part, on peut dissoudre par l'eau l'albumine de la fibre musculaire, par l'acide acétique celle de la membrane d'enveloppe des cellules adipeuses, par la potasse une partie de la matière cornée des cel-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 455.

lules d'épiderme, sans que la forme organique de ces produits soit détruite; d'autre part, on ne peut, pas même par le lavage à l'eau chaude, extraire le sel de cuisine des cartilages (1), et quand on enlève, avec l'éther, la graisse des globules du sang, leur forme devient irrégulière (2).

La conclusion est forcée : on a la même raison d'appeler substances nutritives et plastiques, les parties inorganiques, adipogènes et graisseuses qui composent la nourriture, que l'albumine et les principes réductibles en colle des os et des cartilages.

Voyons maintenant si l'autre groupe de la classification de Liebig résiste mieux à l'épreuve que celui des matières azotées, si la graisse et les adipogènes seuls « servent à la respiration », et si « l'oxygène dans l'acte » de la respiration fait un choix » (3).

A dire vrai j'ai déjà répondu à la question au commencement de cette lettre, en prouvant que l'opposition entre la nutrition et la respiration, que Liebig soutient, ne signifie rien. Et pourtant Liebig dit : « Si » l'albumine était susceptible d'être détruite ou altérée » dans la circulation par l'oxygène inspiré, la petite » quantité d'albumine que l'appareil de la digestion » introduit chaque jour dans les vaisseaux du sang, dis- » paraîtrait très-vite, et le plus faible dérangement dans » les fonctions digestives devrait mettre un terme à la » vie (4). »

(1) Lehman, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1842, 133.

(2) Donders et Moleschott, *Holländische Beiträge zu den Anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, I, 373.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 404, 405.

(4) Id., *ibid.*, 483.

Non-seulement elle devrait le mettre, mais elle le met. La quantité d'albumine que nous ajoutons chaque jour au corps est suffisante pour compenser l'urée que nous éliminons. L'oxygène que nous inspirons amène successivement l'albumine à des degrés de combustion de plus en plus élevés. C'est ainsi que prennent naissance dans le sang, la fibrine et les composés que Mulder appelle les oxydes supérieurs de l'albumine. Mais l'oxygène pénètre aussi dans les tissus en traversant les parois des vaisseaux capillaires et change l'albumine en matières réductibles en colle, les éléments plastiques en créatine, en acide urique, en urée et en acide carbonique. Quinze jours suffisent pour que cette combustion qui s'effectue dans un corps qui ne reçoit rien pour réparer ses pertes, produise une déperdition d'albumine si grande que la mort par inanition en est la conséquence inévitable.

Il est tout naturel de voir Liebig lui-même reconnaître que chez les individus en proie à la faim, la graisse ne disparaît pas seule, mais que toutes les matières solides qui peuvent se dissoudre disparaissent aussi peu à peu. Dans les corps épuisés des individus morts de faim, les muscles sont minces et friables et privés de contractilité (1).

Ainsi la graisse n'est pas le seul aliment respiratoire, l'albumine en est un aussi, puisqu'elle brûle pour former de la fibrine, et le soufre de l'albumine en est un aussi puisqu'il se combine avec l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, quand l'albumine se change en caséine ou en substance réductible en colle. La colle est un aliment respiratoire quand l'oxygène la brûle

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 405.

pour former de l'acide urique, et l'acide urique est un aliment respiratoire, quand en définitive il se décompose en urée et en acide carbonique par une absorption d'oxygène. L'albumine et la colle contiennent de l'azote. Les substances alimentaires azotées peuvent donc aussi prétendre au nom d'aliments respiratoires.

Aliments respiratoires? Non, non! La dénomination est absurde, car l'homme ne mange pas un aliment pour le détruire par la respiration. Il ne vit pas pour brûler.

Sans doute l'essence de la respiration est une absorption d'oxygène, mais cette absorption d'oxygène est une force organisatrice, et ce n'est que plus tard, dans le déroulement progressif et continu des phénomènes vitaux, qu'il devient un instrument de destruction. En effet, toute évolution aboutit à la dissolution. Telle est la circulation de la matière.

Cette évolution est la condition de la genèse des tissus, de la nutrition. Mais puisque toutes les substances alimentaires sont plastiques, et que tout aliment organique subit dans le corps une combustion permanente, on ne peut pas séparer l'une de l'autre, l'albumine de la graisse, l'une comme substance nutritive, l'autre comme respiratoire.

Liebig le fait-il? Dans la théorie, oui; dans la pratique, non. Il appelle à plusieurs reprises la viande qui se compose de matières azotées, aliment respiratoire, mais il ajoute qu'il est très-imparfait (1). Il dit que les éléments combustibles (des substances alimentaires azotées) sont loin de suffire à transformer en acide car-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 566, 568.

bonique et en eau l'oxygène introduit dans le sang (1).

Ils ne suffisent pas, mais est-ce une raison pour qu'ils n'y fassent rien? Liebig ignorerait-il que la fibrine absorbe l'oxygène humide et donne de l'acide carbonique ainsi que l'ont montré Scherer et Mulder.

Vraiment si l'on avait affaire à un homme moins illustre que Liebig, on croirait qu'il veut retrancher la fausseté de sa classification derrière des demi-rétractations et des contradictions, quand on le voit calculer jusqu'à la valeur respiratoire de la viande (2). C'est ainsi que Liebig, emporté par la force des faits acquis, a dressé contre sa classification une juste protestation.

Cependant comme il persiste à la soutenir, il commet une faute qu'il faut combattre avec d'autant plus d'énergie que la prétendue supériorité de cette manière de voir a séduit un plus grand nombre d'auteurs. L'absurde n'est pas et ne sera jamais un titre de supériorité. C'est un lieu commun qu'on ne conteste pas, mais par malheur il s'en faut bien qu'on y reconnaisse toujours une règle de conduite.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 480.

(2) Liebig, die *Thierchemie oder Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*, 3te Aufl., Braunschweig, 1846, 107.

DIXIÈME LETTRE.

DÉVELOPPEMENT DES ALIMENTS DANS LE CORPS DES ANIMAUX.

Sans doute en parcourant le cercle que décrit la vie, n'importe par quel point on commence à l'étudier, on peut y suivre une marche constamment progressive. Mais l'étude de la matière qui entre dans la structure du corps, en établissant ses rapports avec le monde extérieur, est encore le point de départ le plus naturel et celui qui nous promet les plus beaux résultats pour l'histoire du développement.

Ce développement est tout entier dans les mouvements de la matière que la nourriture ajoute au corps. Les formes des tissus s'expliquent par le caractère propre du composé matériel. A la forme et à la composition chimique correspondent toutes les autres propriétés.

L'histoire du développement peut seule fournir les éléments de la classification des aliments qui forment les substances d'où le corps tire son existence par un renouvellement incessant. Celui qui s'efforce de deviner

le but final des aliments, choisit la voie opposée et s'expose au danger contre lequel est venu échouer Liebig, avec son hypothèse des aliments plastiques et des aliments respiratoires. Une révélation pourrait seule faire pressentir la cause finale; l'observation tranquille du développement nous conduit plus sûrement au but.

De la nourriture provient le sang, du sang proviennent les tissus, les muscles, les os, les cartilages, le cerveau et les nerfs, bref toutes les parties solides du corps.

Le développement de la nourriture est donc la sanguification. Le sang se compose d'albumine et de sucre, de graisse et de sels, mais le sucre est un corps qui peut se transformer en graisse, un *adipogène*.

La classification des substances alimentaires se présente donc d'elle-même. Elles se partagent en corps albuminoïdes, en adipogènes, en graisse et en sels.

Un aliment complet se compose d'albumine, de sucre, de graisse et de sels.

Toutes ces substances ont la valeur de substances plastiques du corps, de substances nutritives. L'albumine se combine dans le sang avec l'oxygène aussi bien que le sucre et la graisse. Si la respiration n'existait que pour elle-même, ces trois substances auraient un titre égal au nom d'aliments respiratoires.

Ajoutons que l'oxygène que nous inspirons est lui-même, pour ainsi dire, une substance nutritive; en se combinant avec les principes alimentaires absorbés par l'intestin, il achève la sanguification et le développement des tissus.

Le sang et les tissus sont les degrés les plus parfaits auxquels s'élève l'aliment uni à l'oxygène. Ils résultent de l'action combinée de la digestion et de la respiration.

Pour rendre plus claire cette vue d'ensemble, on ne

compare les aliments qu'avec le sang et non avec les tissus. En effet, le sang est le liquide qui donne naissance à toutes les parties solides du corps.

Dissoudre les matières alimentaires ou les rendre mobiles par une extrême division, et, dans le cas où elles ne seraient pas conformes aux substances contenues dans le sang, les métamorphoser en parties constitutives du sang, voilà tout l'acte de la digestion.

Quand nous mangeons des pommes de terre ou du pain, nous introduisons de la fécule de pomme de terre dans notre estomac ou de l'amidon, substance insoluble dans l'eau, et qu'on ne trouve pas dans le sang. La salive et le suc pancréatique transforment l'amidon insoluble en sucre soluble. La bile, le suc pancréatique et les sécrétions intestinales changent le sucre en graisse. On trouve dans le sang du sucre et de la graisse. La digestion a transformé l'amidon en substances solubles du sang.

C'est pour cela que l'amidon contribue à former le sang aussi bien que l'albumine. Liebig ne comprend qu'une des faces de la digestion quand il la caractérise en ces termes. « C'est une perte progressive d'azote » que l'aliment subit dans son passage à travers l'intes- » tin (1). » Ces mots ne sont qu'une nouvelle périphrase de l'erreur qui consiste à ne considérer comme « sub- » stances nutritives que les corps albuminoïdes ».

Autrefois, toute la philosophie de la science de la vie consistait dans des mots tels que chyme, chyle, assimilation. On ne décrivait que les changements extérieurs que subissent les aliments dans l'estomac et l'intestin. On voyait que la nourriture mêlée à la salive et au suc

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 670.

gastrique, se changeait dans l'estomac en une pulpe, qui se liquéfiait ensuite de plus en plus pour former le chyle et s'assimiler peu à peu au sang. Tous ces changements étaient les effets d'une force mystérieuse qui n'avait pas besoin d'un substrat matériel.

Aujourd'hui ces dénominations ne signifient absolument plus rien, et c'est un des plus grands progrès du siècle. Nous avons appris à voir dans la digestion une transformation en partie chimique, en partie mécanique, de la matière, et nous tâchons de la suivre peu à peu. Qu'on ne croie pas que ce soit une simple augmentation d'érudition. Dans la science des transformations chimiques des aliments et des boissons, il ne s'agit pas simplement de quelque chose qui ressemble à une description savante de diverses propriétés et de divers états de ces corps, il s'agit de comprendre une proposition très-importante, à savoir : que le sang provient d'une source toute matérielle. Notre vénération pour la rouge liqueur de la vie ne repose plus sur une vide hypothèse d'esprits vitaux, ou de forces occultes qui entretiendraient le corps en activité, mais sur le fait positif, que le sang nous offre un produit supérieur de développement des aliments, qui plus tard se déploie lui-même sous forme de tissus.

Dès que nous comprenons cette proposition, nous connaissons la base matérielle sur laquelle repose l'existence de notre être et de nos plus grandes manifestations d'activité. La découverte de cette vérité que la digestion ne consiste qu'en un phénomène purement chimique donna la sanction la plus éclatante aux doctrines générales qu'Helvetius, Diderot, la Mettrie et Cabanis avaient tirées d'observations moins parfaites.

Le fait de la transformation des matières peut seul nous faire comprendre comment l'enfant à la mamelle peut vivre de lait. En effet, cet aliment ne contient qu'un seul corps albuminoïde, la caséine qui, il faut le dire, ne vient dans le sang qu'après l'albumine et la fibrine sous le rapport de la quantité. L'albumine et la fibrine diffèrent de la caséine. La digestion change la caséine en albumine, et la respiration change l'albumine en fibrine. En même temps la caséine absorbe du phosphore qu'elle ne contenait pas dans le principe. Par l'absorption de phosphore, elle se transforme en albumine; par l'absorption d'oxygène, elle se transforme en fibrine du sang.

C'est la transformation matérielle des corps albuminoïdes qui nous met à même de vivre des végétaux : car bien qu'il y ait entre les combinaisons albuminoïdes des plantes, et les corps correspondants qui se trouvent dans le sang, une entière analogie dans les propriétés les plus importantes, et une concordance parfaite dans les proportions les plus essentielles de leur composition chimique, comme Mulder, le premier, l'a démontré : ces substances ne sont cependant pas identiques.

Il y a dans les pois une substance albuminoïde en quantité si abondante, qu'elle a été appelée légumine du nom de la famille des légumineuses dont les pois font partie. On a comparé cette légumine à la caséine du lait et du sang. Toutes les deux se laissent précipiter de leurs solutions par l'acide acétique. Seulement le précipité de caséine se redissout dans l'acide acétique en excès; la légumine ne se redissout pas. La légumine est le corps albuminoïde le plus riche en

phosphore (Norton) (1); au contraire, la caséine ne contient pas de phosphore du tout.

Néanmoins Liebig appelle la légumine caséine végétale, et il étaye cette appellation sur un document remarquable, « à savoir que les Chinois ont l'habitude « de faire avec des pois de véritables fromages (2) », et pourtant ce fait, très-digne d'ailleurs d'être connu, n'est pas seulement « indépendant des recherches de « la chimie », mais il n'est pas le moins du monde probant contre les différences révélées par les caractères chimiques. S'il faut que la légumine et la caséine soient identiques, parce que les Chinois, d'après Itier, préparent, avec des pois, un mets semblable au fromage, un vrai fromage si l'on veut, qu'est-ce qui nous empêche de jeter au hasard ensemble le riz, les œufs, le pain et les pommes de terre parce qu'ils peuvent tous servir à faire du pouding?

Liebig soutient encore sa translation des noms des corps albuminoïdes animaux aux substances analogues du règne végétal par une autre raison que voici : « Ces » diverses matières fournissent en définitive dans la série » de l'oxydation des produits de même espèce, ce que la » chimie regarde comme une preuve que leurs éléments » eux-mêmes sont arrangés d'une manière identique (3).» Abstraction faite de ce que les produits de décomposition ne peuvent avoir une véritable valeur pour prouver l'identité de deux corps que lorsqu'ils naissent dans les mêmes proportions, en quantité égale, Stenhouse nous a fait voir que les produits de décomposition des corps

(1) G. J. Mulder, *Scheikundige onderzoekingen*, deel IV, p. 412-418.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 451, note.

(3) Id., *ibid.*, 452.

albumineux, végétaux et animaux, ne concordent pas du tout d'une manière absolue, les uns avec les autres. Ainsi l'albumine végétale et l'albumine animale, ou bien la légumine et la caséine, chauffées à sec, et traitées par les acides ou par des lessives alcalines, donnent des bases volatiles dissemblables qui, jointes à beaucoup d'autres différences, démentent décidément l'identité affirmée par Liebig (1).

C'est donc tout à fait à tort que Liebig soutient que la fibrine animale et la fibrine végétale, l'albumine animale et l'albumine végétale, la caséine animale et la caséine végétale, non-seulement contiennent les mêmes éléments dans les proportions, mais encore possèdent les mêmes propriétés (2).

L'albumine végétale soluble contient moins de soufre que l'albumine du sang. La fibrine de l'animal se trouve dissoute dans des conditions où l'albumine végétale non dissoute est toujours coagulée. D'après la même raison, la fibrine du sang n'est pas identique avec la fibrine de la viande (3). Enfin j'ai mis en lumière ci-dessus la différence encore beaucoup plus importante qui distingue la légumine de la caséine.

On voit donc que les termes dont se sert Mulder ne doivent pas être pris à la lettre, quand il avance que les herbivores et les carnivores consomment la même albumine. Mais aussi ce n'est pas là le sens de la loi de Mulder; elle n'exprime que la parenté qui relie les corps albuminoïdes des plantes et ceux des animaux en un seul groupe.

(1) Stenhouse, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXX, 219.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 452.

(3) Id., *ibid.*, 442, 557.

Cette parenté fait de la vie de la plante un acte préparatoire de la digestion de l'animal, et il faut le dire, un acte préparatoire indispensable, puisque ni l'humate d'ammoniaque, ni le carbonate d'ammoniaque, ne peuvent être transformés en albumine dans le canal intestinal des animaux.

La transformation d'un corps albuminoïde en un autre est, au contraire, un phénomène qui exige un déplacement bien moins considérable que celui que les liquides digestifs effectuent sur les adipogènes, quand ils les changent en graisse.

Par cette raison, notre corps peut préparer le sang avec des pois, des haricots, du froment et du seigle, précisément en vertu de la même faculté qui permet à l'enfant de métamorphoser la caséine du lait en albumine et en fibrine du sang.

Le corps animal peut opérer bien d'autres transformations. Les chiens peuvent vivre d'os crus, des semaines durant, quoique ces os ne contiennent que peu d'albumine, et, en grande quantité, une matière réductible en colle, qui par ses propriétés et sa composition diffère de l'albumine plus qu'un corps albuminoïde quelconque ne peut différer d'un autre. Sans renouveler l'albumine de son sang, le chien ne peut pas vivre. La graisse de la moelle des os ne peut donner de l'albumine. Il est donc évident, que la matière réductible en colle se change en albumine dans le corps de l'animal; la colle est donc un principe alimentaire.

Donc c'est à tort que Liebig soutient que la substance de la colle, de sa nature insipide, et dont l'usage donne mal au cœur, ne possède aucune valeur nutritive (1). Il

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 560, 561, 576.

cherche à fortifier cette sentence par un fait connu : les chiens ne peuvent vivre de colle seule ou même de colle accompagnée des éléments savoureux de la viande. Seulement ces faits et d'autres semblables démontrent, il est vrai, que la colle n'est pas un aliment parfait, que la colle et le jus de viande finissent par ne pouvoir plus soutenir la vie, si l'on ne leur adjoint d'autres principes nutritifs. Mais il n'en résulte pas, et il n'en résultera jamais, que la colle ne soit pas une substance alimentaire. L'albumine et la graisse cessent-elles d'être des substances alimentaires, parce que les animaux et l'homme avec de l'albumine seule, ou de la graisse seule, ne peuvent pas plus rester en vie que s'ils ne consommaient que de la colle? C'est encore la manière de raisonner favorite de Liebig, qui malheureusement revient dans toutes les questions de nutrition : puisque le fer tout seul ne met pas la locomotive en mouvement, le fer n'a aucune utilité pour la construction de la machine à vapeur. Et cette manière de raisonner trouve tous les jours des gens qui la répètent.

« Il n'y a que des personnes prévenues, » dit Mulder, « qui instituent les expériences en question sur des » chiens. D'après le jugement de la commission de la » gélatine, ces animaux aiment mieux mourir de faim à » côté de la colle que de la manger. Il n'y a que ceux » qui nient le résultat de cent mille expériences, qui » peuvent refuser à la colle une place parmi les sub» stances alimentaires utiles. Celui qui comme moi a » exercé la pratique de la médecine pendant de longues » années et qui a eu l'occasion de voir un nombre in» calculable de convalescents reprendre leurs forces » par l'usage de l'arrow-root (amidon) et de la gelée de » corne de cerf (colle), ou qui a vu des malades débi-

» lités reprendre de la vigueur par l'usage de la gelée » de corne de cerf, celui-là doit regretter qu'on appelle » des expériences à décider dans des questions où elles » sont récusables et superflues, où l'observation seule » a le droit de juger (1). »

Lorsqu'on demande au contraire si le tissu réductible en colle fait partie des substances alimentaires d'une digestion facile, il faut décidément répondre non. Cette réponse se présente d'elle-même à celui qui a une idée claire de la digestion. Si la digestion se borne, quand il s'agit de substances alimentaires solubles, à transformer en parties constitutives du sang des corps qui ne leur sont pas conformes, il est évident qu'un principe alimentaire soluble doit être d'autant plus digestible, qu'il est dès le début plus semblable aux matières du sang : or, parmi toutes les substances alimentaires azotées celle qui diffère le plus des corps albumineux du sang, c'est le tissu réductible en colle. Aussi la colle est elle, de toutes les substances alimentaires azotées, la plus difficile à digérer.

Voilà ce qui justifie la lutte que Liebig et d'autres savants soutiennent contre toutes les tentatives qu'on fait pour remplacer la viande ou d'autres aliments riches en albumine par de la colle ou des os, ce qui fait de cette lutte un devoir, et condamne irrévocablement les tablettes communes de bouillon, lorsqu'elles sont faites avec la colle d'os (gélatine).

Beaucoup d'aliments généralement usités contiennent des substances qui ne peuvent se dissoudre dans les liquides digestifs de l'homme, la salive, le suc gastri-

(1) Mulder, *Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie*, übersetzt von Jac. Moleschott, 341.

que, la bile, le suc pancréatique et les sécrétions intestinales, et qui ne peuvent se changer en parties constitutives du sang. Le corps les expulse sans les digérer. Elles sont renfermées dans les excréments, comme par exemple les téguments des lentilles et des haricots, les noyaux de cerises et les corps analogues.

Parmi ces substances, le règne végétal nous présente la cellulose qui forme l'élément principal du périsperme des graines légumineuses, ensuite le liége et le ligneux qui entrent dans la composition des noyaux durs des pêches, des abricots, des cerises et des espèces de fruits qui leur ressemblent. Parmi les parties constitutives de la nourriture animale, les substances des fibres élastiques, des tissus cornés, des poils, des ongles, de l'épiderme, des muqueuses et de la peau sont insolubles dans les liquides digestifs.

Ainsi, plus un aliment se dissout parfaitement dans les liquides digestifs, moins il reste de matières pour former les excréments, et plus la digestion en est complète. C'est donc par l'effet d'une méprise totale que Liebig veut reconnaître la valeur digestive d'un aliment à la grosseur toute particulière des résidus des repas consommés, que les passants laissent le long des haies et des clôtures (1). La digestion et la formation des excréments n'ont absolument rien de commun l'une et l'autre; au contraire, les excréments se composent du résidu des aliments et de quelques liquides qui sont préparés au moyen du sang, et sécrétés comme la bile et le mucus. Tant que la sécrétion de ces liquides et l'évacuation régulière des résidus de la nourriture présentent un signe indispensable de la santé, les garde-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 596.

robes ont une signification des plus importantes. Mais quand on considère les garderobes et la digestion comme synonymes, on transporte une appellation tirée d'une fausse bienséance à une idée qui dans la science répond à tout autre chose. On trouverait difficilement deux autres idées dans tout le domaine de l'échange de la matière qui soient plus absolument opposées l'une à l'autre que la sanguification et la formation des matières fécales. La digestion c'est la sanguification.

Puisque le sang est l'ensemble de tous les éléments des tissus, la somme liquide de toutes les substances que renferment les organes solides de notre corps, la sanguification occupe le premier rang dans l'histoire du développement des aliments. Puis, à mesure que le sang et les tissus se décomposent de plus en plus sous l'action permanente de la respiration, pour se résoudre à la fin en urée, en eau et en acide carbonique, le développement tourne en décomposition. Ici encore la décomposition et le développement sont des termes de la série, qui se produisent l'un l'autre. Dans le corps de l'adulte, les parties constitutives des tissus, en se décomposant, font place continuellement aux parties qui vont se former. Plus l'organe est actif, plus il est facile d'y découvrir les jeunes états de développement. Il n'y a pas dans tout le corps, de muscle qui soit en activité d'une manière plus constante que le cœur; aussi trouvet-on dans le cœur, avec la plus grande facilité, les substances que produit la décomposition des éléments usés des tissus (1), et à côté d'elles les plus jeunes degrés de

(1) Scherer, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXIII, 330, *und folg*. Scherer a trouvé dans le muscle du cœur de l'hypoxanthine, $Az^2C^5H^2O$, matière avec laquelle l'acide urique $Az^2C^5H^2O^3$ affecte le rapport d'un degré supérieur d'oxydation.

développement de ces éléments, c'est-à-dire de jeunes fibres musculaires qui sont unies en faisceaux très-minces (1).

Tout le monde sait qu'à la suite d'un coup violent sur l'ongle d'un doigt, il se forme une tache d'une couleur brun foncé. Cette tache est formée par du sang épanché sous l'ongle, après la déchirure de quelques vaisseaux du tissu très-vasculaire de la matrice de l'ongle. Mais comme de cette matrice transsude le liquide, qui forme les plus jeunes couches inférieures de l'ongle, le sang épanché se trouve peu à peu emprisonné complétement par l'ongle ; et comme l'ongle croît d'arrière en avant, après plusieurs semaines la tache brune déborde au bout du doigt. On peut voir alors le sang desséché entre les couches inférieures et supérieures de l'ongle. Pendant ce temps, un ongle complétement nouveau s'est formé; peu à peu nous coupons l'ancien. C'est absolument de même que se renouvellent les cheveux et l'épiderme, qui recouvre toute la surface extérieure du corps et ses cavités intérieures.

De la même manière s'organisent, avec une matière toujours nouvelle, des éléments anatomiques toujours nouveaux à la place des fibres nerveuses, des cellules de cartilage, des fibres musculaires, des lamelles osseuses en voie de destruction. L'air expiré, l'urine, les fèces, la sueur, entraînent au dehors tout ce qui s'est détruit par l'usage.

Dans le sang s'opère l'organisation la plus accélérée. Deux ou trois heures après un repas, je trouve que le

(1) Barry, *Muller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrg. 1850, 535. — Gastaldi, « Nuove osservazioni sulla muscolatura del cuore dei vertebrati, » *Archivio per la Zoologia*, t. I, 239, 240.

nombre des cellules incolores, riches en graisse, s'est augmenté dans mon sang; de ces cellules proviennent les globules colorés du sang. En sept ou huit heures, chez l'homme et les mammifères, cette transmutation est finie (1). Chez les animaux à sang froid, elle est considérablement retardée. D'après mes observations, elle ne se fait qu'avec la plus grande lenteur dans les grenouilles auxquelles on a enlevé le foie.

Les cellules du sang, d'abord incolores, ensuite colorées, sont les premiers éléments anatomiques qui se développent dans le corps arrivé au terme de son développement. Le développement est basé sur la composition propre du sang. Un liquide qui contient de l'albumine, de la graisse, du sucre et des sels dissous, contient toutes les conditions nécessaires à la formation des noyaux et des cellules. Le sang est un liquide générateur complet, dans lequel on peut retrouver les divers âges des cellules. L'image de la préparation du sang nous donne une idée du développement le plus considérable que la nourriture subit quant à la composition et quant à la forme.

(1) Voyez Donders et Moleschott, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, I, 369, 370.

ONZIÈME LETTRE.

LES CENDRES DES ANIMAUX ET DE L'HOMME.

Quel n'était pas le prix de cette poussière que les anciens déposaient dans des urnes cinéraires au fond de leurs tombeaux; elle contenait la matière qui donne aux plantes le pouvoir de créer les hommes et les animaux avec les simples éléments de l'air!

A l'exception des substances que nous trouvons dans la cendre, les éléments de toutes les autres parties constitutives du corps des plantes, des animaux et de l'homme sont contenus dans l'air. L'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène se trouvent les uns à l'état de liberté, les autres à l'état d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque dans la sphère gazeuse de notre globe.

Avec de l'acide carbonique et de l'eau, le lin fait de la cellulose, et la canne à sucre du sucre. Mais s'il n'y a pas dans le sol de matières inorganiques, la fabrication du sucre dans la canne, et celle de la cellulose dans le lin ne sont pas possibles. Mayer et Brazier l'ont exprimé par une image aussi belle que juste : «La végétation du » lin ressemble à la croissance de la canne à sucre, dont

» la culture nous fait espérer un produit entièrement » composé d'éléments atmosphériques ; les parties inor» ganiques qu'emprunte la plante ne sont que les instru» ments dont elle se sert pour le faire naître. Il faudrait » les conserver avec beaucoup de soin, comme on le fait » dans une fabrique pour les outils, afin qu'ils puissent » plus tard rendre des services dans la production de » nouvelles récoltes (1). »

De même, les substances inorganiques du sang sont des instruments qui servent à produire les divers tissus de notre corps, aux dépens des matières organiques du sang. Dans le sang déjà, le développement des éléments anatomiques, des globules, provient de la séparation des sels de potasse et des sels de soude, apportés les uns et les autres dans la circulation par les aliments. Les globules contiennent les sels de potasse, tandis que les sels de soude sont dissouts dans le plasma. Le sel de cuisine, combinaison de sodium et de chlore, ne se trouve que dans le plasma ; la combinaison de potassium et de chlore s'établit de préférence dans les globules (C. Schmidt). Déjà donc nous trouvons dans le sang la preuve que la potasse et la soude, quelque analogues qu'elles soient dans d'autres propriétés, ne peuvent se substituer l'une à l'autre dans le corps de l'animal (2). De la même manière, Schmidt a trouvé que l'acide phosphorique prédominait dans les globules, et la chaux, la magnésie, l'acide carbonique et l'acide sulfurique dans le plasma.

Mais l'affinité d'un groupe organique d'éléments pour

(1) Mayer et Brazier, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXI, 321.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 532.

un corps inorganique se montre de la manière la plus intime dans la matière colorante que renferment les globules rouges. C'est une combinaison d'azote, de carbone, d'hydrogène et d'oxygène à laquelle le fer s'unit, à peu près comme le soufre et le phosphore le font dans l'albumine.

C'est à tort que Liebig soutient que la matière colorante du sang renferme de l'oxyde de fer (1). Mulder a établi, par les raisons les plus convaincantes, que le fer de la matière colorante du sang n'est pas combiné avec l'oxygène. On peut l'en retirer avec l'acide sulfurique concentré ; il se comporte dans ce cas tout à fait comme le fer métallique : car il enlève à l'eau qu'il trouve près de lui son oxygène, se change en oxyde de fer aux dépens de cette eau, se combine en cet état avec l'acide sulfurique, tandis qu'en même temps de l'hydrogène se dégage. Il reste alors un groupe organique dont la quantité d'oxygène ne s'est point altérée. Si la matière colorante contenait le fer à l'état d'oxyde, l'acide sulfurique ne se bornerait pas à lui enlever le fer, il devrait en même temps lui prendre une partie de son oxygène.

Liebig n'a pas davantage raison de soutenir, que tout le phosphore que contient le corps animal est sous la forme d'acide phosphorique. Quand on brûle un corps albuminoïde, on trouve dans la cendre une quantité d'acide phosphorique moindre que celle qu'on obtient en traitant ce même corps par l'acide nitrique. D'après Liebig, le déchet provient seulement de ce que, sous l'influence de la chaleur, en présence du carbone, une partie de l'acide phosphorique se décompose et devient

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 500.

volatile. Bref, d'après lui, les corps albuminoïdes ne contiendraient le phosphore qu'à l'état d'acide phosphorique, c'est-à-dire qu'à l'état oxydé. Et si l'on trouve dans la cendre moins d'acide phosphorique qu'en employant ce qu'on appelle la voie humide, cela vient d'un déchet causé par le procédé chimique, et l'on peut l'éviter en ajoutant des alcalis ou des terres alcalines qui fixent l'acide phosphorique (1).

Mais maintenant, autant je reconnais qu'une partie de l'acide phosphorique, au milieu des circonstances indiquées, se décompose et se volatilise, autant je suis décidé à combattre cette opinion, que tout le phosphore qui se trouve dans des corps albuminoïdes ne s'y trouve qu'en qualité d'acide phosphorique.

Quand on traite la légumine une première fois par de l'acide chlorhydrique, du sulfate de magnésie et de l'ammoniaque, une seconde fois par l'acide nitrique et du sulfate de magnésie et de l'ammoniaque, dans le premier cas on n'obtient qu'une trace de phosphate ammoniaco-magnésien, dans le second cas, au contraire, on en recueille une quantité considérable (2).

L'acide nitrique est un des plus puissants moyens d'oxydation que le chimiste ait à sa disposition. Il transforme le phosphore de la légumine en acide phosphorique, ce que ne fait pas l'acide chlorhydrique. Le sulfate de magnésie et l'ammoniaque précipitent l'acide phosphorique sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. Au contraire, ils laissent le phosphore intact. Si malgré cela il y a un précipité dans le premier cas, par l'action du sulfate de magnésie et de l'am-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 501, 598, 599.

(2) Mulder, *Scheikundige onderzoekingen*, IV, 418.

moniaque, quand on traite les corps albumineux par l'acide chlorhydrique, et non par l'acide nitrique, cela provient de ce que tous les corps albuminoïdes contiennent du phosphate de chaux, que l'acide chlorhydrique dissout, et qui est alors précipité par le sulfate de magnésie et l'ammoniaque.

Il est très-présumable que nous apprendrons un jour sous quelles formes le fer, le soufre et le phosphore sont contenus dans les substances organiques. En atten dant, nous ne le savons pas, pas plus pour le soufre que pour le phosphore et le fer (1). Seulement ce que nous savons, c'est que le fer dans la matière colorante du sang, le soufre et le phosphore dans les corps albuminoïdes, n'affectent pas la forme d'une simple combinaison avec l'oxygène.

On peut à tous égards comparer le rôle du sang envers les tissus, avec celui des substances dissoutes de la terre végétale envers les racines des plantes. Les parties constitutives inorganiques du sang dépendent des aliments. Dans tous les cas, le sang renferme des carbonates, en dépit de l'opinion contraire de Liebig (2). Mais ils augmentent d'une façon considérable quand on fait usage du régime végétal. Au contraire, ils cèdent la première place aux phosphates sous l'influence d'un régime où prédominent la viande et le pain, sans cependant jamais disparaître entièrement (Verdeil).

Aussi le sang d'un chien qui mange de la viande con-

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels.* Erlangen, 1851, 83, 90.

(2) Liebig, *Chemische Briefe,* 523. Les carbonates ont été démontrés dans le sang par van Enschut, Marchand, moi, Lehmann, Mulder et Verdeil.

tient-il plus d'acide phosphorique que celui des bœufs ou des brebis.

Il n'est pas du tout indifférent que ce soit le carbonate ou le phosphate de soude qui prédomine dans le sang, d'abord parce que l'acide carbonique et l'acide phosphorique ne sont pas la même chose, mais surtout par la raison que les carbonates alcalins ne sont d'une grande valeur pour aucun tissu. Tandis qu'au contraire les combinaisons phosphatées sont pour tous de la plus grande importance.

Liebig professe donc une erreur, quand il refuse toute influence sur les propriétés du sang à l'inégalité qu'introduit dans sa composition la prépondérance de l'acide carbonique ou de l'acide phosphorique, et quand il va jusqu'à déclarer, que le phosphate alcalin est identique dans ses propriétés avec le carbonate alcalin (1). Liebig appuie ce jugement sur cette donnée : que le carbonate et le phosphate absorbent de l'acide carbonique tous les deux de la même manière.

Mais j'ai réfuté cette donnée par des expériences. Il est vrai qu'une dissolution de phosphate de soude commun absorbe beaucoup d'acide carbonique, cependant l'acide carbonique peut en être complétement chassé par la machine pneumatique (2).

Mais si l'alimentation fait varier dans de certaines limites la composition du sang, son influence doit se faire sentir sur les tissus qui naissent du sang. Aussi ne peut-on pas être de l'avis de Liebig, quand il trouve admirable que le sang de deux espèces différentes

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 507.

(2) Moleschott, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, I, 172, 173.

d'animaux convienne au même but avec une composition dissemblable (1); il n'y a rien d'étonnant que deux terres de composition différente portent toutes les deux des récoltes. Cette réflexion de Liebig ne peut provenir que de ce qu'il regarde la production des tissus comme un but général de la composition du sang, et qu'il ne compare pas le développement des tissus avec la composition chimique du sang. C'est à peu près ce que fit Henle, quand il assigna les mêmes fonctions aux dents osseuses et aux dents cornées, par la raison peut-être que les unes et les autres servent à mordre (2).

Les tissus et les récoltes sont positivement produits par des espèces différentes de sang et des espèces différentes de terre. Mais à chaque différence essentielle dans la composition du sang et de la terre, doit correspondre une différence dans les tissus et dans les récoltes.

Le sang dans un même individu, et pris dans son ensemble, présente un mélange chimique uniforme qui va, depuis le cœur jusqu'aux diverses parties du corps, pour transsuder ensuite dans les tissus à travers les vaisseaux les plus ténus qui terminent les artères. Il est donc évident qu'une différence dans la composition des tissus ne peut être produite que parce que chacun des éléments du sang abandonne la circulation, en divers endroits, avec une vitesse différente.

En réalité, c'est ainsi que cela arrive; l'histoire naturelle de l'homme et des animaux possède déjà depuis longtemps une indication significative sous ce rapport.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 505.

(2) Henle, *Jahresbericht über Leistungen in der Histologie*, 1847. Erlangen, 1848, 44, note.

Nous savons, en effet, que les vaisseaux capillaires (on appelle ainsi les canaux les plus déliés, en lesquels se résolvent les artères et qui relient ces vaisseaux aux veines) ont dans les différentes parties du corps un diamètre très-différent, et forment des réseaux dont les formes sont caractéristiques pour chaque tissu, et chaque organe.

Les capillaires du cerveau se distinguent par leur finesse, ceux de la moelle des os par leur largeur extraordinaire. Dans les nerfs, les mailles qui forment le réseau des capillaires sont allongées et irrégulières, dans le poumon, étroites et plus ou moins losangiques, dans les tuniques musculaires de l'intestin, très-régulièrement rectangulaires. Dans ces tuniques, comme dans les muscles en général, le réseau capillaire est médiocrement serré.

Faut-il s'étonner que cette disposition caractéristique des vaisseaux capillaires imprime son cachet à la vitesse dont les éléments du sang sont animés quand ils traversent leurs parois?

Pour les matières organiques, C. Schmidt, par d'excellentes études, a donné à cette indication la forme d'un fait très-instructif que Ludwig Wachsmuth a confirmé dans la plupart des cas (1). L'albumine transsude plus vite à travers les vaisseaux capillaires de la plèvre, qu'à travers ceux qui se perdent dans le tissu cellulaire sous-cutané.

(1) Ludwig Wachsmuth, *Virchow's Archiv für pathologische Anatomie*, VII, 335. Wachsmuth même va trop loin en opposant à l'opinion avancée par Schmidt une objection tirée d'une observation isolée.

Quant aux éléments inorganiques du sang, ce rapport réciproque entre la vitesse avec laquelle les diverses substances s'en séparent, et la composition des tissus, a été mis en évidence de la manière la plus remarquable.

Une des plus belles et des plus solides études de Liebig nous a appris que tandis que le sel de cuisine l'emporte considérablement dans le sang sur le chlorure de potassium, le rapport est précisément renversé dans les muscles striés, où le chlorure de potassium est plus abondant que le sel de cuisine. Mais si dans le sang il y a beaucoup de soude et peu de potasse, et dans les muscles striés beaucoup de potasse et peu de soude, et de plus s'il est établi que les muscles ne tirent toute la potasse qu'ils contiennent que du sang, il faut bien que les vaisseaux capillaires des muscles laissent sortir la potasse du sang plus vite que la soude.

Dans les cartilages, c'est tout le contraire. Les cartilages ne contiennent pas de chlorure de potassium, mais, au contraire, beaucoup de sel de cuisine. Il s'en suit nécessairement, que le chlorure de potassium suinte beaucoup plus lentement à travers les vaisseaux capillaires du périchondre, qu'à travers ceux des muscles. Bien plus, s'il se confirme que les cartilages ne contiennent pas de chlorure de potassium, nous dirons pour parler le langage des mathématiciens, que la vitesse, avec laquelle le chlorure de potassium va du sang aux cartilages est infiniment petite.

Eu égard au partage du chlorure de sodium et du chlorure de potassium, il y a entre les cartilages et les muscles le même rapport qu'entre le plasma et les glo-

bules du sang. Si, en un point donné du corps, le suc nourricier, c'est-à-dire le liquide qui a transsudé à travers les vaisseaux capillaires donne naissance à du tissu musculaire ou à du tissu cartilagineux, c'est en première ligne par la raison que, dans le point en question, il y a eu une prédominance de la soude ou de la potasse.

C'est ce qui donne aux cendres des tissus une valeur inestimable. La différence des tissus est avant toute chose fondée sur la variété des parties constitutives inorganiques, qui suintent avec une vitesse changeante à travers les différents groupes de vaisseaux capillaires. Ce sont ces substances inorganiques qui restent sous forme de cendre, quand on brûle les tissus, tandis que les éléments organiques se volatilisent.

Aussi devons-nous reconnaître que la cendre joue un rôle essentiel dans la production des tissus. Les muscles ne se forment que par l'aide du chlorure de potassium. Le chlorure de potassium est le sel des muscles. Le sel de cuisine est le producteur du tissu cartilagineux. Le sel de cuisine est le sel des cartilages.

Il faut de même considérer le phosphate de chaux comme le plus important élément plastique du tissu osseux. Le phosphate de chaux entre en combinaison avec le principe organique des os qui se réduit en colle par la coction. On appelle le phosphate de chaux, terre d'os. Au même point de vue, on peut désigner le phosphate de magnésie sous le nom de terre des muscles. Le fluorure de calcium, combinaison où le fluor joue le rôle de l'oxygène dans la chaux, devient pour nous le sel des os.

Le fer appartient aux poils à titre d'élément histogène. Il n'est pas seulement le métal du sang, il est aussi celui

des poils, et en outre il est un caractère du cerveau et du cristallin de l'œil (1).

Dans la cuirasse siliceuse des infusoires, d'après Ehrenberg, on le trouve aussi constamment que dans les os des vertébrés le phosphate de chaux (2).

Liebig affirme donc une chose inexacte quand il avance que le sel de cuisine est sans influence sur l'activité organisatrice des tissus (3). Le sel de cuisine est aussi nécessaire pour la formation des cartilages, que la terre d'os pour l'organisation des os, et le chlorure de potassium pour le développement des muscles.

Mais de toutes les substances inorganiques, la plus répandue dans le corps de l'animal est l'acide phosphorique. Dans les os, il est combiné avec la chaux, dans les muscles avec la potasse et la magnésie, dans le foie avec des alcalis, des terres et le fer, dans le cerveau surtout, plus que partout ailleurs, avec la potasse, la soude, le fer, la chaux et la magnésie (4). Toutes les substances albuminoïdes du corps contiennent une certaine quantité de phosphate de chaux. Liebig avait pleinement raison d'insister sur ce point. On ne peut imaginer ni l'organisation, ni la production du corps en l'absence d'une quantité prédominante d'acide phosphorique (5).

Dans bien des parties du corps, dans le cerveau, les

(1) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere*, Mannheim, 1854, 90. — Johannes Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen*, I, 4, Aufl. 2.

(2) Avertissement, par Wicke, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCV, 293.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 531.

(4) Breed, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXX, 124.

(5) Liebig, *Chemische Briefe*, 504.

œufs, le sperme, et déjà dans le sang, il y a du phosphore, à ce qu'il paraît, sous forme d'acide phosphorique, en combinaison avec un groupe organique de manière à donner lieu à une graisse phosphorée (1). Aussi, malgré l'objection de Liebig (2), on est fondé à dire, que le sang, le cerveau, les œufs et le sperme, en un mot toutes les parties du corps qui occupent les rangs les plus élevés dans l'échelle de la vie, possèdent une graisse phosphorée et lui doivent leur caractère le plus essentiel. Voilà pourquoi Breed a trouvé dans la cendre du cerveau une quantité notable d'acide phosphorique libre.

Si l'on carbonise le cerveau, le charbon qu'on obtient jouit d'une réaction acide, il rougit le papier bleu de tournesol préalablement humecté avec de l'eau. L'acide libre qui lui donne cette réaction n'est autre que l'acide phosphorique.

Le groupe organique du cerveau, dans la composition duquel entre le phosphore, a une grande importance. En effet, nous savons maintenant, depuis les recherches exactes dont la graisse phosphorée a été l'objet dans les dernières années seulement, que la quantité plus ou moins grande de phosphore qu'on trouve dans le cerveau, est un caractère différentiel très-remarquable des cerveaux de divers animaux. D'après Lassaigne, le cerveau et la moelle allongée du chat et de la chèvre, ne présentent pas après leur carbonisation une réaction aussi acide que les mêmes parties du cheval. Le cerveau

(1) Gobley, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XVII, p. 414, t. XIX, p. 421; et sur la graisse phosphorée du sang, *Archives générales de médecine*, 4e série, t. XXVII, 236.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 598, 599.

d'animaux différents contient donc des quantités différentes de graisse phosphorée (1).

Nous avons vu que, dans l'individu, l'espèce des tissus est produite par les éléments inorganiques qui en un point donné abandonnent le sang des capillaires. De même, c'est dans les parties constitutives de la cendre que le corps laisse comme résidu après la combustion, qu'il faut chercher les caractères de l'espèce à laquelle appartient l'individu et les raisons de sa production et de son développement.

C'est tout naturellement dans l'alimentation qu'est la première cause de la différence de la composition des tissus. J'ai déjà indiqué que l'acide phosphorique prédomine manifestement dans le sang de l'homme et des animaux qui consomment surtout de la viande et du pain, et que l'acide carbonique au contraire l'emporte, quand la nourriture se compose principalement d'herbages.

Le fer du sang des hommes et des vertébrés est remplacé dans le sang de l'escargot des vignes par du cuivre, et le phosphate de chaux du sang de l'homme l'est par du carbonate de chaux dans les moules d'étang.

C. Schmidt nous apprend que le sang des testacés est tellement saturé de carbonate de chaux, que si l'on y ajoute quelque peu de carbonate de soude, il se dépose en cristaux pendant que le sang s'évapore. Il ne faut donc plus s'étonner de voir employer les coquilles de ces mollusques à la fabrication de la chaux. La chaux des coquilles vient du sang, comme celle du sang vient des aliments.

(1) Lassaigne, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XVIII, 349.

On reconnaît les os des batraciens et des poissons au sulfate de soude qu'ils contiennent, et les dents des pachydermes à leur phosphate de magnésie. Dans les os des herbivores, il y a plus de phosphate de magnésie que dans ceux des carnivores et de l'homme.

L'acide silicique est, d'une manière très-générale, l'élément histogène du tissu corné, on le trouve dans les poils, la laine et le mucus, mais surtout les puissantes productions cornées des oiseaux, les plumes, se distinguent par leur richesse en silice. Et parmi les oiseaux, ce sont les granivores qui l'emportent sur ceux qui vivent de poissons et d'autres animaux aquatiques. Le coq domestique tient la première place parmi les oiseaux par la quantité considérable de silice que contiennent ses plumes (von Gorup Besanez).

Mais si les parties constitutives inorganiques normales des animaux et de l'homme exercent et subissent par rapport aux principes organiques du corps, une attraction si légitime, les substances qui ne s'incorporent à l'organisme que dans des circonstances particulières à titre d'aliment ou de médicament ne sont pas dépourvues d'une affinité de cette espèce.

Sous ce point de vue, le rôle des métaux est très-instructif. Chez beaucoup d'animaux, dans les circonstances ordinaires, le foie contient du cuivre. Dans l'escargot des vignes, on trouve du cuivre dans le foie comme un terme corrélatif de sa présence dans le sang (Harless). Genth a trouvé du cuivre dans le sang, dont la couleur est entre le blanc bleuâtre et le bleu de ciel, dans une espèce de crabe des Moluques (1). Von

(1) *Limulus cyclops*, Fabricius, connu à Philadelphie sous le nom de *King's Crab*.

Bibra (1) en a trouvé dans le foie du crabe poupart, des truites, des requins et des dorades.

Le froment contient quelquefois du cuivre qui peut avoir été absorbé dans la terre végétale, par exemple dans l'argile schisteuse ou dans l'argile jaune. Ce n'est que par une conséquence de ce fait qu'on a trouvé du cuivre dans le sang. On a retrouvé encore ce métal dans le foie du cochon et du bœuf. La nourriture de ces animaux rendait compte de sa présence. Chez les vertébrés le foie exerce une attraction pour les métaux, même à l'état normal. Le fer se trouve dans le foie en quantité notable, et la bile, liquide que le foie élabore, se distingue, par exemple, de l'urine par sa richesse normale en fer (2); ce qui donne à ce fait une signification singulière, c'est que le foie est, comme on le sait, le lieu où s'opère, non pas exclusivement à tout autre, mais principalement, la fabrication des globules colorés du sang. Sans matière colorante contenant du fer, il n'est pas possible que les globules colorés du sang se développent, et j'ai trouvé que, chez les grenouilles privées de leur foie, la quantité des corpuscules colorés du sang décroît considérablement par rapport aux incolores (3).

En présence de cette attraction que le foie exerce sur les métaux qui nous viennent du dehors, faut-il s'étonner que ce soit principalement dans ce viscère qu'on trouve le mercure des médicaments, ou le plomb dans

(1) Genth, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXXI, 68.

(2) Weiss, *Zeitschrift der kaiserlich-königlichen Gesellschaft der Aerzte in Wien*, Jahrg., VII, 344.

(3) Moleschott, *Müller's Archiv*, 1853, 73 et seq.; et *Wittelshoefer's Wiener medicinische Wochenschrift*. Jahrg. III, 209-213.

les intoxications saturnines lentes? Dans un cas d'empoisonnement par le mercure, von Gorup Besanez n'a pu démontrer le mercure avec une complète certitude que dans le foie, après avoir examiné plusieurs tissus. Au contraire, il n'en put pas démontrer du tout dans le cœur et les poumons, et la présence du métal dans l'encéphale resta douteuse (1). Il n'y a pas longtemps que Chatin et Bouvier ont trouvé le plomb dans le cerveau et le foie d'un homme qui avait succombé à la suite d'une paralysie saturnine (2).

Plus la solidité des parties dures du corps est grande, plus elles sont riches en phosphate de chaux. Aussi les dents sont-elles plus riches en terre d'os que les os eux-mêmes. Tel est le sens de la découverte que von Bibra a faite d'une remarquable relation de dépendance entre les efforts que subit un os et la quantité de phosphate de chaux qu'on y trouve. C'est dans le tibia des échassiers, dans le fémur des gallinacés et dans l'humérus des oiseaux au vol puissant, qu'il a trouvé la plus grande quantité de phosphate de chaux.

Quand le phosphate de chaux fait défaut dans la nourriture, les os deviennent flexibles. C'est ce qui arrive aux jeunes enfants, chez qui le cartilage ne se transforme en os que peu à peu en absorbant de la terre d'os. C'est ce qui arrive aussi chez les poules auxquelles on ne donne que des aliments dépouillés de sels de chaux. Au contraire, un excès de phosphate de chaux rend les os fragiles. Et comme on sait qu'une augmentation de

(1) Von Gorup Besanez, *Jenaische Annalen für Physiologie und Medicin*, II, 241, 242.

(2) Chatin et Bouvier, *Froriep's Tagesberichte*, 1851, août, n° 352, p. 200.

la quantité de ce sel dans les appuis et les leviers du corps est un caractère particulier de la vieillesse, on comprend la fragilité des os des vieillards.

De tous ces faits, il résulte pour le corps une loi très-importante, une loi qui fait comprendre la nutrition et qui reçoit de presque toutes les nouvelles découvertes une vive lumière. C'est la loi de l'affinité fixe et nécessaire qui unit les principes organiques des tissus aux éléments inorganiques. Cette loi nous donne le droit d'appeler le fluorure de calcium sel des os ou des dents, le phosphate de magnésie terre des muscles, le chlorure de sodium sel des cartilages et le fer métal des poils.

Cette relation normale, qui montre clairement que les parties constitutives de la cendre n'ont point une origine accidentelle, se reproduit aussi pour les liquides que sécrètent aux dépens du sang des organes spéciaux, qu'on appelle glandes. Le foie qui élabore la bile, les reins qui sécrètent l'urine, les glandes mammaires qui sécrètent le lait aux dépens du sang, sont des glandes de cette nature.

Le lait ne peut pas plus se passer de phosphate de chaux et des sels de potasse que les os du premier de ces sels et les muscles des seconds. Si l'on considère que la plus grande partie du corps se compose de chair et d'os, on comprendra mieux, à ce point de vue aussi, l'importance essentielle de la composition chimique du lait, qui le rend par dessus tout propre à former la nourriture du petit qui tette. Non-seulement le lait contient les représentants des trois classes principales d'aliments organiques, un corps albuminoïde, du sucre et de la graisse, mais il contient dans les parties constitutives de sa cendre, les substances inorganiques que nous

devons considérer comme les éléments histogènes qui jouent le plus grand rôle dans la masse du corps.

Comme le lait, les œufs se distinguent par des sels de potasse et des phosphates terreux. Ces derniers se trouvent en abondance dans le sperme.

Le chlorure de potassium prédomine dans la salive, le chlorure de sodium, dans le suc gastrique. L'urine contient du sel de cuisine en quantité très-considérable.

Ces rapports ont aussi leur revers. Je veux dire qu'il y a des liquides qui ne contiennent pas du tout certains sels, d'ailleurs très-répandus dans le corps. Le lait ne renferme pas trace de sulfates, tandis qu'on en trouve constamment dans la bile et dans l'urine (1).

Puisque les sels se séparent du sang plus vite que l'albumine et la graisse (2), le sang doit évidemment renfermer moins de ces éléments inorganiques que les aliments. Mais quelques-unes de ces matières de la cendre prédominent dans le sang, la cendre du sang, par exemple, contient plus de sel de cuisine que la cendre du fourrage. Le sel de cuisine est de tous les éléments de la cendre du sang le plus nécessaire. Dans le sang, l'eau est la seule matière inorganique qui surpasse par sa quantité celle du sel de cuisine (3).

La loi d'affinité d'après laquelle les membranes animales laissent constamment transsuder des parties constitutives de la cendre à côté de certaines substances

(1) D'après Mulder, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, 1, 149, et d'après Strecker, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXXIII, 340.

(2) Voyez la note 1, p. 37.

(3) Voyez Liebig, *Chemische Briefe*, 530.

organiques, nous explique aussi l'apparition des substances inorganiques dans l'urine. L'urée ne passe pas des vaisseaux capillaires des reins dans les canalicules urinaires de cette glande, sans être accompagnée de sel de cuisine et d'autres matières inorganiques. Si les reins éliminent ces substances, ce n'est pas sans doute parce qu'elles reconnaissent que ces substances sont, comme le dit Liebig, « impropres à être ultérieurement » employées à des fins vitales » (1), mais parce que les vaisseaux capillaires et les canalicules urinaires ont la propriété nécessaire de laisser passer ensemble l'urée, le sel de cuisine et d'autres sels. Les éléments anatomiques les plus délicats des glandes, canalicules ou cellules, sont entourés si étroitement par des vaisseaux capillaires charriant du sang, que la paroi des vaisseaux capillaires et celle des canalicules de la glande qui sont accolées, ne forment ensemble qu'une membrane animale mince, par laquelle il se fait un échange constant entre le sang et le contenu des petites cavités des éléments anatomiques propres de la glande.

Sans doute la nourriture est la cause que certaines substances inorganiques abondent ou diminuent dans le corps. Cependant une des conséquences simples de la loi ci-dessus exposée, est qu'il y a des rapports fixes, que le changement de nourriture n'altère pas.

Parmi ces rapports, nous retrouvons toujours au premier rang celui de la richesse du sang en sel marin. Un chien qu'on a nourri pendant dix-huit jours avec de la viande, contient dans son sang la même quantité de sel de cuisine que s'il avait été nourri avec du pain pendant

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 514.

vingt jours (1). D'après C Schmidt, ni la nourriture, ni la race, n'ont une influence quelconque sur le partage qui attribue le sel de cuisine au plasma, et le chlorure de potassium aux globules (2).

Les consciencieuses recherches de Strecker sur la bile nous ont fait connaître l'exemple qui, pour les animaux, démontre de la manière la plus décisive que le rapport entre les substances organiques et les parties inorganiques qui les accompagnent est d'une constance remarquable. Alors même que la potasse l'emporte sur la soude dans la nourriture des ruminants, l'acide choléique de leur bile est à peu près exlusivement combiné avec la soude. La bile du bœuf ne contient que des traces de potasse. Les poissons de mer, dans le milieu d'eau salée qui les enveloppe, pourraient puiser de préférence le sel de cuisine (chlorure de sodium). Cependant leur bile contient relativement plus de potasse que celle des poissons d'eau douce (3). C'est une répétition du fait observé par Forchhammer, sur maintes plantes marines qui renferment plus de potasse que de soude(4). L'affinité propre à l'espèce triomphe des particularités contingentes des aliments.

Il va de soi que ces faits n'affaiblissent pas l'importance des substances inorganiques qui doivent entrer dans la nourriture en qualité d'éléments histogènes. Au

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 529.

(2) C. Schmidt, voyez Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1850, II, 170.

(3) Adolph Strecker, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXX, 176, 177.

(4) *Laminaria latifolia*, *Eklonia buccinalis*, *Iridæa edulis*, *Polysiphonia elongata*. (Voyez ma *Physiologie des Stoffwechsels*, 167.)

contraire, ils déterminent plus rigoureusement et plus nécessairement les proportions dans lesquelles les matières inorganiques accompagnent les organiques. Et réciproquement, ils établissent d'une manière inébranlable cette vérité, qu'il ne peut y avoir défaut d'une certaine quantité des parties constitutives inorganiques du sang et des tissus, sans qu'il en résulte un dommage pour le corps.

Voilà pourquoi les escargots qui promènent avec eux une si grande quantité de chaux dans l'épaisseur de leur coquille, sont rares sur le gneiss, le micaschiste et d'autres espèces de roches pauvres en chaux, surtout si le sol n'est pas couvert d'une végétation luxuriante (Rossmässler) (1). La connaissance de ce fait est d'autant plus instructive pour nous, que nous savons d'autre part, que la moule perlière dont l'épaisse coquille contient beaucoup de chaux, n'habite pas une eau riche en chaux, qu'au contraire elle meurt si on la met dans une eau de cette composition. Car cette observation nous apprend qu'il peut y avoir des excès de nourriture avec des parties constitutives minérales. Une seule partie de carbonate dans cent mille parties d'eau, suffit à couvrir les besoins de la moule perlière. Donc la moule perlière dans une eau si pauvre en chaux, absorbe plus de chaux que les espèces voisines n'en prennent dans des eaux plus riches en sels calcaires. On est tenté d'admettre que ces moules ont une voracité pour la chaux qui les détruit, dès que cette substance leur est présentée en excès (Johnson et Sendtner)(2). Il serait difficile de trouver un plus bel exemple à opposer aux partisans de l'instinct électif.

(1) E. A. Rossmässler, *Reiseerinnerungen aus Spanien*, I, 193.

(2) Johnson et Sendtner, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCV, 237, 238.

Nous avons déjà vu que les os des poules perdent leur solidité, si les sels de chaux manquent dans la nourriture de l'animal. Mulder a guéri dans une famille pauvre la prédisposition aux fractures, en prescrivant du pain de seigle et de la viande, c'est-à-dire une nourriture qui pouvait donner au sang, et par son intermédiaire aux os, la quantité nécessaire de phosphates terreux.

Qui ne connaît les conséquences fâcheuses du défaut de fer dans le sang? Il ne faut pas s'étonner que dans ce cas le dommage ait des effets si profonds, puisque le fer de la matière colorante du sang entre directement dans la composition organique du groupe.

Ce défaut de fer est un des signes les plus fâcheux de notre temps. Il n'est point limité à une maladie du développement des jeunes filles; on ne le trouve pas seulement chez des femmes, mais aussi chez des hommes, dont le nombre s'est tellement accru depuis quelques années, qu'on peut dire, sans employer une expression exagérée, qu'il y a une génération de chlorotiques. Heureusement elle est encore en minorité en présence des cœurs d'acier capables d'un essor vigoureux. Par malheur, cette maladie dont les signes sont plus variables que ceux de n'importe quelle autre affection, enfonce ses racines plus loin que le sang, à travers le sang dans les tissus eux-mêmes. J'ai indiqué plus haut l'aide puissante que le foie prête à la transformation des globules incolores en globules colorés du sang. Les médecins savent que souvent il faut donner une autre direction à l'activité des organes digestifs, et en première ligne à celle du foie, avant de pouvoir présenter avec succès au sang le fer qui lui manque.

A ces exemples que tous les gens du monde connaissent, ajoutons-en encore un autre. Depuis un temps immémorial, on tâche de découvrir les causes du goître, et de ce développement vicieux du corps entier qu'on appelle le crétinisme (1). Les voix les plus compétentes reconnaissaient que la nourriture exerçait dans la production de cette maladie une influence fondamentale. On en chercha quelque temps la cause dans une quantité trop considérable de magnésie que contenaient les aliments. Mais la magnésie peut se trouver dans l'eau potable en très-grande quantité, sans qu'il se manifeste aucun accident fâcheux. A Rhodez, on ne connaît ni goîtreux ni crétins, et cependant les eaux de fontaine y contiennent cinq fois plus de magnésie que celles de la vallée de l'Isère et de Chamouny si mal famée pour le nombre de ses goîtres (2).

Il semble que la découverte de Chatin sur la dispersion de l'iode dans toute la nature, l'ait mis dans une meilleure voie. Chatin en effet a trouvé l'iode dans la terre, l'air, l'eau, les animaux et les plantes, le lait, les œufs et le vin. Sans doute on a de plusieurs côtés contesté les assertions de Chatin, et l'on a fait naître le soupçon que probablement il n'avait trouvé de l'iode que par l'effet d'une impureté de son réactif (Stevenson Macadam, Lohmeyer, de Luca, Martin, Nadler) (3).

(1) Baillarger, *Comptes rendus*, XXXIII, 531, 532.

(2) Blondeau, *Froriep's Tagesberichte*, 1851, août, n° 350, p. 181.

(3) Stevenson Macadam, *New Edinburgh philosophical journal*, 1852, avril-juillet, 170, 171 ; juillet-octobre, p. 319, 320. — Lohmeyer, *Fechner's Centralblatt*, 1854, 50. — De Luca, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, XXVI, p. 260, 261. — Nadler, *Untersuchungen über den angeblichen Jodgehalt der Luft und verschiedener Nahrungsmittel* (inaug. Dissert.). Zurich, 1861.

Cependant Marchand a trouvé de l'iode dans toutes les eaux naturelles. Barral et Meyrac ont, à certaines époques, trouvé de l'iode dans l'eau de pluie, et Van Ankum a donné aux recherches de Chatin la confirmation la plus éclatante. Il a examiné soigneusement les eaux de source de toutes les contrées de la Hollande; sur quatre-vingt-trois cas, il ne constata qu'une fois l'absence de l'iode. Van Ankum a trouvé l'iode dans les eaux du Rhin, de la Meuse, du Vecht et de l'Yssel, dans l'air et dans l'eau de pluie. Il fit recueillir de l'eau de pluie dans un grand nombre de lieux des Pays-Bas, et dans cinquante-sept expériences l'iode ne manqua qu'une seule fois. Van Ankum du reste a mis ses observations à l'abri de tout soupçon, en s'assurant par des précautions minutieuses que son réactif ne contenait pas du tout d'iode (1). Or, comme on considère une forme du goître comme une tuméfaction du corps thyroïde, comme une tumeur glandulaire, qu'on a souvent guérie par l'emploi médical de l'iode, Chatin conçut l'idée que le défaut d'iode dans l'eau et les aliments les plus usuels, pouvait être la cause principale du goître et du crétinisme.

Les résultats des recherches qu'on a faites jusqu'ici se sont montrés favorables à l'hypothèse de Chatin. Dans cette même vallée de l'Isère où le goître est endémique, l'eau et les aliments ne contiennent pas d'iode : Chatin et Fourcault, indépendamment l'un de l'autre,

(1) E. Marchand, *Comptes rendus*, XXXIV, p. 56. Voyez *Journal de pharmacie et de chimie*, XXI, p. 96, 98. — Barral, *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 431. — Meyrac, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 715, 716 ; et surtout van Ankum, *Journal für praktische Chemie*, LXIII, 261, 278.

l'ont démontré par des expériences (1). Si l'on s'élève du bassin du Rhône, des environs de Lyon, vers les Alpes, on reconnaît que l'air et la pluie deviennent peu à peu plus pauvres en iode. Chatin n'a pas trouvé plus d'iode dans les vallées des Alpes qui regardent l'Italie, que dans celles du versant français. Toutefois dans ces vallées qui sont le plus cruellement visitées par le goître, ce défaut d'iode ne se montre pas seulement dans l'air et la pluie, mais également dans la terre végétale et ses productions (2). Grange assure qu'il peut confirmer les faits avancés par Chatin sur la diffusion de l'iode (3). Enfin à Zurich où il y a beaucoup de goîtres, Nadler a analysé l'air, l'eau de fontaine, l'eau du lac, diverses plantes (4), le pain, le lait, les œufs et n'y a pas trouvé d'iode. Une seule fois Nadler dans dix-huit œufs, a trouvé dans le liquide exprimé du blanc d'œuf, une trace d'iode très-faible sans doute, mais pourtant manifeste.

En attendant, tant qu'on n'a pas démontré expressément des fautes dans les procédés d'investigations des divers chimistes, la circonspection commande d'attribuer les résultats positifs ou négatifs qu'ils obtiennent plutôt aux lieux de leurs observations, qu'à l'attention qu'ils ont portée à leurs recherches. Van Ankum aussi bien que Nadler, affirme qu'il s'est convaincu de la pureté de ses réactifs, et d'ailleurs dans plusieurs cas il a constaté l'absence de l'iode. En pareille matière, il ne

(1) Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 529, et Fourcault, *Comptes rendus*, ibid., 519, et encore Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 17, 18.

(2) Chatin, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 584, 585.

(3) Grange, *ibid.*, t. XXXIII, 629.

(4) *Potamogeton crispus*, *Nasturtium officinale*.

peut pas être question de compter les voix; d'ailleurs les citations que j'ai faites prouvent que si des chimistes n'ont pas trouvé d'iode, dans certains lieux, il y en a d'autres et autant qui l'ont trouvé dans d'autres lieux.

Si malgré tout cela nous ne pouvons pas jusqu'ici considérer cet exemple comme aussi bon que ceux que nous tirons du sang privé de fer, ou des os appauvris de terre d'os, cela ne tient pas seulement au petit nombre de nos observations qui ne nous permettent pas d'élever sans réserve à la hauteur d'une loi, l'idée de Chatin, mais surtout cela tient à notre ignorance encore complète des rapports de l'iode avec la glande thyroïde et d'autres tissus du corps. Qu'on n'objecte pas aux idées de Chatin que tous les goîtres ne sont pas guéris par l'iode; autant vaudrait dire que le défaut de fer dans le sang n'est pas la cause de la chlorose, parce qu'il y a beaucoup de cas de cette maladie qui résistent à l'emploi du fer. En effet, on comprend tout de suite que le fer ne peut être efficace, que si, ne se bornant pas à entrer dans l'estomac, il pénètre dans le sang, et non-seulement dans le sang mais encore dans le groupe organique de la matière colorante du sang. Or le foie a une influence très-considérable sur la formation de cette matière.

Dans la majorité des cas, nous ne savons pas nous rendre maîtres de cette influence. Mais notre impuissance ne peut servir d'argument pour contester le rôle important des substances inorganiques dans la production des tissus.

Les organes n'acquièrent leurs structures et ne jouissent de leur vitalité qu'à la condition de posséder une quantité voulue de parties constitutives inorganiques. Aussi dans ces dernières années a-t-on commencé un

examen critique de ces rapports des substances inorganiques avec les diverses parties du corps, et cette critique, pourvu qu'on la continue sans mépris superbe, sans folles espérances, promet à l'agriculture et à la médecine un brillant avenir.

En présence des faits les plus saisissants, on ne peut plus nier que les matières qui demeurent après la combustion, ce qu'on appelle les parties constitutives de la cendre, n'appartiennent à la composition intime des tissus, et par conséquent aux principes qui leur donnent leur forme et sont la condition de leur espèce, tout aussi essentiellement que les substances qui se volatilisent par l'effet de la combustion. Sans principe réductible en colle, il n'y a pas d'os, mais aussi point d'os sans phosphate de chaux, point de cartilage sans chlorure de sodium, pas de sang sans fer, pas de salive sans chlorure de potassium.

C'est de l'air et de la cendre que l'homme est tiré. L'activité des plantes l'a appelé à la vie; son cadavre se décompose en air et en cendre, pour déployer de nouvelles forces sous une nouvelle forme dans le règne végétal.

DOUZIÈME LETTRE.

DÉSASSIMILATION DANS L'ANIMAL.

On a parfois reproché à cette manière de considérer les phénomènes du corps vivant qui ramène tout à la matière, d'être plutôt chimique que physiologique. Sans doute on pouvait avec raison mettre l'acte chimique en opposition avec l'acte physiologique, quand on ne possédait des phénomènes vitaux que de faibles notions, quand on savait seulement que dans la respiration nous échangeons de l'acide carbonique contre de l'oxygène, et que l'urine contient de l'urée et de l'acide urique. On ne se doutait même pas alors de l'évolution qui aboutissait à l'acide carbonique et aux parties constitutives de l'urine. Mais aujourd'hui on sait que l'histoire de l'évolution des aliments et des matières excrémentitielles est l'essence même de la physiologie de l'échange des matières. La digestion et la formation des tissus sont comprises entre deux limites, les substances alimentaires et les parties constitutives des sécrétions. Une étude approfondie de ces phénomènes d'évolution a ramené une partie considé-

rable de la physiologie à une section de la chimie. Il n'y a plus de doute, les éléments de la physiologie, de la science de la vie des animaux et des plantes, sont la chimie, la physique et la description des formes. Le temps n'est plus où le microscope seul conférait l'anneau et la crosse au physiologiste. Il n'y a de physiologiste que celui qui veut s'expliquer la vie par la chimie et la physique.

L'absorption d'oxygène qui se fait pendant la respiration, n'est pas seulement la condition fondamentale du développement des tissus, mais encore, et à un plus haut degré, elle est la cause de leur décomposition sans laquelle il n'y a pas de vie.

Le changement de matière et de forme dans les diverses parties, tandis que leur figure générale reste la même, tel est le mystère de la vie animale. Les globules incolores du sang qui, en ce moment, traversent rapidement mon corps, seront au bout de six heures transformées en globules rouges, et ceux-ci dans trois semaines, au plus, seront dissous et remplacés par d'autres.

C'est ainsi que tous les éléments anatomiques du corps se décomposent pour se rajeunir sans relâche. L'oxygène que nous inspirons passe de la bouche dans la trachée artère, celle-ci se ramifie et ses derniers ramuscules déliés sont pourvus de vésicules latérales et terminales qui ne communiquent entre elles que par l'intermédiaire du ramuscule du tube aérien qui les porte. La paroi de ces vésicules pulmonaires est entourée d'un réseau à mailles aussi serrées que possible, formé de vaisseaux capillaires charriant du sang. Du tube aérien l'oxygène passe dans les vésicules pulmonaires, de celles-ci il passe dans le sang à travers la double paroi des vési-

cules et des vaisseaux capillaires, puis avec le sang il entre dans le cœur. Ensuite le cœur pousse le sang imprégné d'oxygène dans toutes les parties du corps, à travers les artères de la grande circulation qui tient le corps entier sous sa dépendance. Enfin l'oxygène pénètre dans les tissus à travers la paroi des vaisseaux capillaires qui terminent les artères.

Maintenant la combustion qui avait changé les parties constitutives du sang en principes histogènes continue sa marche. Les éléments des tissus se décomposent dès que l'oxygène se combine avec la matière qui les forme. En effet, les produits de cette combustion progressive ne sont plus susceptibles de revêtir une forme organisée.

La fibre charnue se décompose en une substance neutre, la créatine; une basique, la créatinine; une acide, l'acide inosique. Aux dépens d'une matière albuminoïde qui occupait le plus haut degré de composition organique, se forment d'autres corps azotés qui s'en distinguent par une richesse en oxygène toujours croissante. L'acide inosique qui, d'après Liebig, se trouve en quantité considérable dans la chair de la poule est une des matières les plus riches en oxygène qu'on ait rencontrées dans le corps.

Avec ce coup d'œil de génie qui lui donne le sacerdoce de la science, Liebig a reconnu dans ces trois substances, la créatine, la créatinine et l'acide inosique, des degrés du passage des principes histogènes aux produits définitifs de la décomposition, que nous éliminons avec les excrétions. C'est un de ses plus grands mérites. La composition de ces corps que Liebig nous fit connaître, montrait leur signification. Une preuve décisive était la facilité avec laquelle la créatine se décompose

en une nouvelle base et en urée, en cette urée que nous pouvons regarder comme le produit d'oxydation le plus azoté qui prenne naissance pendant la combustion des tissus par la respiration.

L'apparition de ces corps dans l'urine leur assigne une place parmi les matières excrémentitielles. Ils traversent le sang en cette qualité, en se dirigeant vers les reins, c'est démontré par l'observation que Verdeil et Marcet ont fait récemment, de la présence de la créatine et de la créatinine dans le sang (1).

Du reste la créatine, la créatinine et l'acide inosique ne sont pas les seuls anneaux connus de la chaîne qui unit l'albumine à l'urée. Après que Liebig avait découvert ces substances dans le liquide de la viande, Scherer a pu découvrir dans la rate un nouveau corps, l'hypoxanthine, intermédiaire de l'albumine à l'acide urique. Sa composition nous permet de l'appeler protoxyde urique. Ce corps, en effet, se distingue surtout de l'acide urique, parce qu'il contient moins d'oxygène. Il ressemble en cela à l'oxyde d'azote, qui ne vient qu'après l'acide nitreux pour la richesse en oxygène.

Après la découverte de ces degrés de décomposition des histogènes azotés dans l'intérieur des tissus mêmes, il ne faut plus s'étonner si l'on y trouve aussi les termes ultimes de ce développement rétrograde. A côté du protoxyde urique qui n'a qu'à absorber de l'oxygène pour se transformer en acide urique, Scherer a aussi trouvé de l'acide urique dans la rate. A Giessen on a même rencontré dans les muscles d'un alligator, ce degré supérieur de combustion sous forme de nom-

(1) Verdeil et Marcet, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XX, p.91, 92.

breux cristaux (1), et Cloëtta les a plus tard démontrés dans le poumon du bœuf (2).

Mais l'acide urique n'est lui-même qu'un terme de la série qui conduit à l'urée. Nous sommes encore redevables de la connaissance de ce fait aux recherches de Liebig sur les parties constitutives de l'urine dont il a fait l'objet d'un de ses plus beaux et plus féconds travaux chimiques. Quand on traite l'acide urique par le peroxyde de plomb, substance qui abandonne facilement l'oxygène et qui doit être par conséquent considéré comme un moyen de combustion, l'acide urique se change en urée et en acide oxalique, et en une autre substance qu'on a observée dans l'urine des veaux avant leur naissance, et des veaux nouvellement nés (allantoïne). L'acide urique est brûlé dans le corps par l'oxygène d'une manière analogue. Frerichs a injecté dans le sang des lapins une solution chaude saturée d'urate de soude et d'urate d'ammoniaque, et a constaté qu'elle augmentait considérablement la quantité d'urée qu'ils éliminent dans l'urine (3). Il est facile de doubler la quantité de l'urée que les lapins éliminent avec l'urine, en ajoutant une quantité suffisante d'acide urique à leur nourriture (Neubauer) (4).

Outre l'urée cette urine contenait aussi des précipités d'oxalate de chaux. L'acide oxalique, ainsi nommé parce qu'il existe dans l'oxalide, se trouve souvent dans

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 554.

(2) Cloëtta, *Virchow's Archiv für pathologische Anatomie*, VII, 168.

(3) Frerichs, *Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde*, Jahrg. X, 418.

(4) Neubauer, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 211, 212.

l'urine des gens sains (Hœfle, Lehman). Cependant il est probable que d'ordinaire l'acide urique est soumis à une combustion ultérieure pour former de l'urée et de l'acide carbonique. En effet, l'acide carbonique n'est pour sa part qu'un degré supérieur de combustion de l'acide oxalique. Neubauer a trouvé que l'acide oxalique n'augmentait pas dans l'urine des lapins auxquels il avait donné quelques grammes d'acide urique avec du pain et des carottes.

Ainsi donc la présence de l'urée dans les tissus est la conséquence la plus naturelle de la désassimilation qui s'opère en eux. Millon a découvert l'urée dans l'humeur vitrée et dans l'humeur aqueuse de l'œil. L'assertion de Millon a été confirmée par Wöhler et Donders, contrairement aux résultats obtenus par Lohmeyer (1), et l'on peut prédire avec certitude qu'elle ne restera pas longtemps isolée. Chez des grenouilles dont le foie avait été excisé, et non pas dans des grenouilles intactes, comme Grohé l'a cru à tort, j'ai trouvé de l'oxalate d'urée dans les muscles (2), et aujourd'hui Buhl et Voit ont apporté dans leur beau travail sur le choléra un nouveau fait du même ordre : dans le choléra typhoïde, non-seulement les muscles, mais aussi le cœur, le cerveau et la rate ainsi que plusieurs épanchements aqueux du corps contenaient beaucoup d'urée (3).

(1) Wöhler dans ses *Annales*, LXVI, 128. — Donders, *Handleiding tot de natuurkunde van den gezonden mensch*, I, 260. — Lohmeyer, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge V, 66, 67.

(2) Moleschott, *Archiv für physiologische Heilkunde*, Jahrg., XI, 493. — Grohé, *Annalen für Chemie und Pharmacie*, LXXXV, 237 et seq.

(3) Buhl, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge, VI, 65, 67.

Von Bibra a déjà confirmé ces assertions pour les muscles, au moyen de pesées (1), Grohé lui-même a montré de l'urée dans toutes les exsudations abondantes de la plèvre et du péricarde (2). Mais une découverte dont l'importance dépasse toutes les précédentes, c'est celle de l'urée dans les muscles d'un supplicié qui n'avait pas été saisi de crampes ; nous la devons aux recherches de Buhl et de Voit (3).

Il résulte de ces données, que les tissus renferment déjà les produits de décomposition azotés qui sont éliminés du corps avec l'urine. On a constaté dans les tissus du corps la présence de la créatine, de la créatinine, de l'urée et de l'acide urique.

Il n'y a que peu d'années que les observateurs se sont engagés dans cette voie, qui mène à la découverte des produits de la désassimilation des éléments histogènes les plus importants, et déjà se rassemblent de nombreuses observations qui prouvent d'une manière irréfutable, que les matières albuminoïdes se brûlent dans le corps, tout aussi bien que la graisse et le sucre. Mais comme il s'agit ici d'une combustion lente, ses premiers produits sont des substances riches en carbone.

On pouvait déjà depuis longtemps faire naître la leucine en faisant agir de l'oxygène sur les corps albuminoïdes ou sur les collagènes. On l'a trouvée maintenant dans la rate et dans l'état sain, dans le corps

(1) Von Bibra, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIV, 211.

(2) Grohé, *Schmidt's Jahrbücher*, LXXXIII, p. 5.

(3) Buhl, *Zeitschrift für rationnelle Medicin*, neue Folge, VI, 66. « Au contraire, il est étonnant que chez le supplicié décapité on ait » trouvé dans le muscle 0,0088 0/0 d'urée, bien qu'il n'y eut pas » eu de crampes. »

thyroïde, le thymus, les glandes salivaires et la salive, dans le pancréas et le liquide pancréatique, dans les poumons et les ganglions lymphatiques. On l'a découverte dans des foies malades et dans un cerveau malade (Frerichs et Städeler, Cloëtta, Scherer, von Gorup-Besanez) (1). Suivant von Gorup-Besanez, le pancréas contient un corps de nature analogue à la leucine, mais qui s'en distingue parce qu'il contient moins de carbone et d'hydrogène, et qu'il se dissout plus difficilement dans l'alcool (2). Frerichs et Städeler ont fait voir dans la rate du bœuf et dans le pancréas la tyrosine, corps plus riche en oxygène que la leucine. Les poumons contiennent un produit riche en soufre (la taurine), dérivé de l'acide choléique (Cloëtta). Valenciennes et Frémy ont trouvé le même produit de décomposition des substances albuminoïdes dans la chair des mollusques testacés (3). Cloëtta a trouvé une fois ce corps

(1) Frerichs et Städeler, *Verhandlungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft*, IV.— Cloëtta, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 304, et seq. — Scherer, *Virchow*, *Göschen's deutsche Klinik*, 1855, 18 Jan., qui a trouvé que sa liénine était identique avec la leucine. — Von Gorup Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 8, 9, qui avait confondu également avec la leucine le corps qu'il avait décrit précédemment sous le nom de thymine.

(2) Von Gorup-Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 18, 19.

(3) Cloëtta a montré que le corps que Verdeil a donné pour de l'acide pneumique (*Comptes rendus*, t. XXXIII, 604, 605) n'est pas autre chose que de la taurine dont les cristaux pulvérisés rougissent le papier humide de tournesol. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 301. Les muscles des acéphales ne contiennent, d'après Frémy et Valenciennes, ni créatine, ni créatinine, ni phosphate acide de soude, ni acide oléophosphorique (lécithine), mais bien de la taurine *Comptes rendus*, t. XLI, 740.

dans les reins du bœuf, une autre fois il trouva la cystine, substance sulfurée plus riche en carbone et moins riche en oxygène que la précédente et qu'on rencontre quelquefois dans les pierres de la vessie (1). Parmi ces corps la leucine et la tyrosine sont les produits ordinaires de la décomposition des corps albuminoïdes et des substances cornées. Et comme la décomposition aboutit au dernier terme de l'altération des matières azotées en produisant de l'ammoniaque, Frerichs et Städeler ont trouvé des sels ammoniacaux dans le riz de veau tout à fait frais (2). C. Schmidt, a trouvé dans la rétine de l'œil une espèce d'ammoniaque composée (la *triméthylamine*), dans laquelle les trois équivalents d'hydrogène sont remplacés par du méthyle, combinaison de carbone et d'hydrogène (3).

C'est par des moyens semblables à ceux qui, dans le laboratoire du chimiste, ou dans la décomposition et la putréfaction, produisent la dissolution totale, que des produits ultimes analogues prennent naissance dans le corps vivant. Mais ce qui est parvenu à ces degrés ultimes est une impureté que le corps rejette. Aussi il n'y a rien d'étonnant que la chimie ait appris à préparer artificiellement l'urée, un des produits les plus importants de l'évolution de la matière dans notre corps, en brûlant des éléments histogènes. Béchamp, en faisant agir l'hypermanganate de potasse sur de l'albumine, de la fibrine et de la gélatine, les a transformées

(1) Cloëtta, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCIX, 299, 301.

(2) Frerichs et Städeler, *Verhandlungen der Züricher naturforschenden Gesellschaft*, IV.

(3) C. Schmidt, Dissertation de R. Blessig, *De retinæ textura disquisitiones microscopicæ*, Dorpati Livonorum, 1855, 68, 69.

en urée (1). L'hypermanganate de potasse soumis l'influence des corps avides d'oxygène, se décompos en potasse, en péroxyde de manganèse et en oxygèn en sorte que c'est à l'état naissant et dans un liquid alcalin, c'est-à-dire sous les conditions les plus favo rables que l'oxygène agit sur les substances organique

L'acide carbonique est le chaînon terminal de l combustion des éléments histogènes non azotés, comm l'urée est celui de la décomposition des parties consti tutives azotées.

Dans la période de l'histoire de la physiologie et d la chimie organique qui a précédé la nôtre, on croyai que tout l'acide carbonique de l'air expiré était l résultat d'une combustion de carbone, mais on ne s demandait pas sous quelle forme ce carbone avait ét brûlé. On n'avait même pas dédaigné l'hypothèse d'un combustion de carbone à l'état libre. Il n'y a pourtan pas de carbone libre dans le corps. Les parties consti- tutives non azotées des tissus sont la graisse et les sub stances adipogènes, et celles-ci arrivent par une com- bustion graduelle jusqu'aux derniers termes de l désassimilation. Elles se décomposent en acide carbo- nique et en eau.

L'acide lactique, l'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide succinique, l'acide formique, l'acide oxaliqu sont les degrés intermédiaires entre le sucre et le graisses, d'une part, et l'acide carbonique et l'eau d l'autre.

A partir de l'acide butyrique, chacun des acides d la série se distingue de celui qui le précède immédiate- ment par une plus grande richesse en oxygène. E

(1) Béchamp, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, C, 249.

absorbant encore de l'oxygène l'acide formique se décompose en acide oxalique et en eau. La combinaison de l'acide oxalique et de l'eau se brûle pour former de l'acide carbonique, tandis que l'eau s'en sépare.

On a récemment fait voir que l'acide lactique existait à titre d'élément normal dans la chair musculaire (Liebig). Il se trouve dans le tissu des muscles lisses, aussi bien que dans ceux qui se composent de fibres striées (Lehman, Siegmund) (1). Von Bibra l'a observé dans le cerveau; il existe dans le foie, le pancréas, la rate, le corps thyroïde et le thymus (von Bibra, von Gorup-Besanez) (2). Heintz a trouvé l'acide succinique dans un foie malade; et von Gorup-Besanez l'a rencontré depuis dans le thymus, la rate, le corps thyroïde. L'acide butyrique, l'acide acétique, l'acide formique existent dans la viande comme l'acide lactique (Scherer) (3). La rate contient de l'acétate de fer. Enfin Schmidt a trouvé l'acide oxalique dans le mucus, et je l'ai constaté dans les muscles des grenouilles privées de foie. La combustion complète telle qu'elle s'accomplit dans le corps de l'animal transforme tous ces acides en acide carbonique et en eau.

L'acide carbonique, les carbonates et l'eau, sont contenus dans tous les tissus. La combustion à la suite de

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 2[te] Aufl., 2[te] Umarb. 1853, I, 107.— Siegmund, *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft*, in Würzburg, III, 50.

(2) Von Gorup-Besanez, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVIII, 34.

(3) Scherer en vint dans ces derniers temps à affirmer avec assurance que les acides butyrique, acétique et formique se trouvaient dans la viande. Voy. *Verhandlungen der physikalisch medicinischen Gesellschaft*, in Würzburg, I, 52.

laquelle l'acide carbonique et l'eau apparaissent dans les tissus, se produit aussi en dehors de l'influence de la circulation du sang. Quand on suspend dans de l'air ordinaire les muscles séparés du corps, ils respirent aussi bien que dans le corps. Dans le corps le courant sanguin amène aux tissus l'oxygène inspiré, mais dans cette expérience le tissu musculaire est immédiatement entouré d'oxygène. Ces muscles échangent de l'acide carbonique contre de l'oxygène (Georg Liebig) (1). Cette combustion lente des tissus est l'essence même de l'acte de la respiration; le courant qui fait affluer l'oxygène dans les poumons ne présente à cet acte physiologique que la cause nécessaire de son accomplissement.

Nous avons vu comment les produits de désassimilation s'accumulent dans les tissus et pénètrent dans le sang. Le sang charrie donc de la créatine, de la créatinine, de l'urée, de l'acide urique, de l'acide formique et de l'acide carbonique. On a bien tardé à découvrir ces matières dans le sang. D'abord on trouva l'acide carbonique, puis l'urée. Cette dernière découverte confirma pleinement l'idée que la circulation est la voie que parcourent les substances destinées à l'excrétion, pour aller des tissus aux émonctoires, les poumons et les reins. Dès lors l'observateur, armé de moyens nouveaux et d'une méthode perfectionnée, put découvrir toutes ces substances dans le sang.

Il était bien difficile de se convaincre de la présence de ces matières excrémentitielles dans le sang. En effet, elles ne font que le traverser rapidement. L'acide carbonique

(1) Georg Liebig, *Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIV, 327, 329.

venant avec le sang des cavités droites du cœur, afflue vers les poumons, et pénètre dans l'intérieur des vésicules pulmonaires en traversant la double paroi des vaisseaux capillaires et de ces vésicules, tout à fait de la même manière que l'oxygène passe des vésicules dans les vaisseaux capillaires.

L'acide carbonique provenant du sang, et l'air atmosphérique inspiré s'échangent d'après les lois générales de l'échange des gaz, dans les cavités des poumons, des rameaux bronchiques et du tronc aérien lui-même. Puis les mouvements de la respiration produisant le rétrécissement de la cage thoracique, une colonne d'air chargée d'acide carbonique est expulsée ; puis après une courte pause, une inspiration suit cette expiration, la cage thoracique s'élargit, un air riche en oxygène remplace l'air expulsé qui avait perdu une partie du sien, et le phénomène recommence de nouveau.

Les poumons ne sont qu'une banque. L'acide carbonique est livré au monde extérieur pour servir d'aliment aux plantes, et parer de verdure les collines et les vallées. L'oxygène est échangé contre l'acide carbonique. Le sang approvisionné d'oxygène s'écoule des poumons vers l'oreillette gauche du cœur, et de là dans toutes les régions du corps. Alors recommence la combustion générale qui, ici sous forme de nutrition, là sous celle de désassimilation, met en jeu les fonctions principales.

La respiration délivre le sang d'une grande partie de son acide carbonique, de même la sécrétion des reins le débarrasse des parties constitutives de l'urine. Les reins attirent l'urée, l'acide urique, la créatine et la créatinine, ils les séparent du sang avec une telle rapidité, que pour les atteindre sur leur route à travers la

circulation du sang, il ne fallait rien moins qu'un examen d'une extrême précision.

On peut mesurer l'activité du corps par la quantité de matières excrémentitielles qu'il rejette. Plus l'effort auquel sont soumis les divers tissus est grand, plus leurs éléments se décomposent rapidement en des substances, que le sang charrie jusqu'aux poumons et aux reins et qui, sous forme d'air expiré et d'urine, seront le partage du monde extérieur.

C'est pendant que l'activité des tissus est fortement mise en jeu, que s'accumulent en eux en grande quantité les substances résultant des transformations des éléments organiques histogènes. L'activité des muscles consiste dans le raccourcissement de leurs fibres, et sa conséquence dans le mouvement des os qui se meuvent comme des leviers. Eh bien, plus le muscle se tend avec énergie, plus il contient d'acide lactique, d'après Berzelius et du Bois-Reymond (1). Les muscles au repos ne renferment pas de suc acide (Georg Liebig, du Bois-Reymond). Le muscle du cœur qui est toujours en activité contient plus de créatine que la chair des autres parties du corps. Si nous comparons les chiffres de Scharling à ceux de Boussingault, nous trouvons que les oiseaux expirent à peu près neuf fois autant d'acide carbonique que l'homme (2). Aussi les oiseaux se distinguent-ils de tous les autres animaux par la grande quantité de créatine que renferment leurs muscles.

(1) Du Bois-Reymond, *De fibræ muscularis reactione ut chemicis visa est acida*, Berolini, 1859, 34, 41.

(2) D'après Scharling, l'homme expire en vingt-quatre heures pour chaque 100 grammes de son poids 0gr,292 de carbone; d'après Boussingault, le pigeon expire 2gr,742. Voyez ma *Physiologie des Stoffwechsels*, 487.

Bien plus, Liebig a trouvé l'acide inosique en particulier dans le suc de la viande de poule. Une respiration active a pour terme corrélatif une décomposition accélérée d'albumine et de graisse. On peut mesurer l'intensité de l'échange des matières qui s'est opéré dans un homme, par la quantité d'acide carbonique, d'eau et d'urée qu'il élimine dans un temps donné. La rapidité de l'échange des matières est la mesure de la vie.

Les hommes excrètent dans le même temps plus d'acide carbonique et d'urée que les femmes; c'est l'expression la plus exacte de l'aptitude à l'action qui est propre aux deux sexes. Les enfants évacuent moins d'urée et d'acide carbonique que les femmes d'une manière absolue et non point en proportion de leur poids. Dans la vieillesse aussi l'élimination subit une diminution considérable. L'intensité la plus forte de l'échange des matières se place dans la période de la vie qui va de trente à quarante ans. C'est à cet âge en moyenne que l'activité créatrice de l'homme atteint son apogée.

Les poumons et les reins ne sont pas les seuls organes qui éliminent les produits de désassimilation; il y a aussi la peau et le rectum.

L'oxygène inspiré arrive avec le sang dans la peau; il se forme aussi dans la peau de l'acide carbonique, qui s'échange contre de l'oxygène à travers l'épiderme, tout aussi bien que dans les poumons à travers les parois des vésicules pulmonaires et des vaisseaux capillaires. Aussi l'expression de respiration cutanée est-elle très-juste. Cependant dans la respiration pulmonaire il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique exhalé, et l'espace qu'occupe l'air expiré est moindre que celui de l'air inspiré, tandis que dans la respira-

tion cutanée, la peau élimine beaucoup plus d'acide carbonique qu'elle ne laisse passer d'oxygène (Gerlach, de Berlin) (1).

Dans les déjections intestinales nous trouvons d'abord les résidus insolubles de la nourriture, que nous pouvons considérer comme une des parties accidentelles des matières fécales, puis de la bile, du liquide de sécrétion intestinale et du mucus, c'est-à-dire un mélange de substances qui proviennent nécessairement des parties constitutives du sang. Et comme la bile, le liquide des sécrétions intestinales et le mucus contiennent des corps azotés, il en résulte qu'une partie des substances que produit la désassimilation des corps albuminoïdes du sang est aussi rejetée par cette voie, mais c'est surtout dans l'urine que nous trouvons ces parties une fois qu'elles ont subi la décomposition. Les cheveux qui tombent, l'épiderme qui se desquame dans les cavités intérieures du corps aussi bien qu'à la surface extérieure, les ongles que nous coupons s'ajoutent à l'urine en multipliant les points d'élimination des principes azotés.

Cependant il s'en faut que la peau et l'intestin aient l'activité des poumons et des reins dans l'élimination des matières excrémentitielles. Les matières fécales ne montent pas au quatorzième ou même au dix-huitième du poids total des excrétions. Et l'acide carbonique qui s'échappe des poumons est trente fois plus considé-

(1) Gerlach, *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrgang 1851, 460. D'après Gerlach, dans la respiration pulmonaire le rapport de l'acide carbonique expiré à l'oxygène inspiré est comme 6 : 7; au contraire, dans la respiration cutanée, il est comme 6 : 2 $\frac{2}{3}$ (*loc. cit.*, p. 462).

rable que celui qu'élimine la peau, d'après Scharling, et même quatre-vingt-dix fois plus, d'après Gerlach.

Le soufre et le phosphore des éléments histogènes albuminoïdes se brûlent pour former de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique. Ces acides décomposent le carbonate de soude du sang et nous les retrouvons dans l'urine en qualité de sulfate et de phosphate. Il en résulte qu'une nourriture animale riche en albumine n'a pas seulement pour effet d'augmenter la quantité d'urée de l'urine, mais qu'elle accroît aussi celle des sulfates et des phosphates terreux (Lehmann).

Nous voyons qu'en général les matières inorganiques restent attachées aux éléments histogènes non-seulement dans le développement, mais encore qu'elles accompagnent dans la désassimilation les matières excrémentitielles. L'acide urique n'est pas éliminé en qualité d'acide libre, mais sous forme d'urate de soude. En général, on peut dire que l'urine est le liquide qui a le privilége d'écarter du corps la plus grande partie des sels. Les matières fécales, le mucus, les produits cornés, les cheveux, les ongles et l'épiderme, éliminent aussi des matériaux inorganiques usés, et, au milieu d'eux en première ligne, le fer et les sels terreux.

Or, puisque l'échange de la matière est une mesure de la vie, il est évident que, non-seulement les matières se transformeront plus rapidement dans un individu plus fort, mais que le terme corrélatif d'une plus grande activité doit être une désassimilation plus prompte. C'est ce qui a lieu. L'effort corporel n'augmente pas simplement la sueur et l'urine, il augmente l'urée de l'urine et l'acide carbonique que nous expirons. D'après les nouveaux travaux de Gerlach les hommes occupés à des mouvements corporels éliminent par la peau en

neuf heures, autant d'acide carbonique qu'à l'état de repos en vingt-quatre heures. Dans un cheval au trot l'élimination est cent dix-sept fois plus grande que celle du repos. Un coureur anglais qui avait parcouru en cent heures un chemin qui en aurait exigé cinq cents pour une marche ordinaire, n'avait pas perdu après cet effort moins de 14 kilogrammes du poids de son corps (1).

On a donc le droit de prendre au pied de la lettre l'expression dont on se sert quand on parle des hommes à pensée ardente, quand on les appelle têtes chaudes. Un accroissement du travail de l'esprit produit une augmentation de l'appétit tout comme le ferait un mouvement musculaire intense. L'appétit n'est qu'un symptôme d'un appauvrissement du sang et des tissus, apprécié au moyen d'une sensation. L'activité cérébrale, comme le travail des membres, augmente l'élimination par la peau, les poumons et les reins.

D'après ce qui précède, il faut chercher les lieux de formation des matières excrémentitielles avant tout dans les tissus dont l'activité est produite par la combustion lente de leur respiration. Mais la désassimilation commence déjà dans le sang, car dans tous les points du corps où pénètre l'oxygène il y a combustion.

Sans doute, les substances principales du sang ne peuvent pas, en brûlant, se réduire en matières excrémentitielles pendant le temps relativement court qu'elles séjournent dans les vaisseaux. C'est à peine si elles atteignent le degré de composition des éléments histo-

(1) Valentin, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Braunschweig, 1847, I, 119.

gènes. Au point de vue où nous nous plaçons, leur transformation est un développement progressif.

Mais la graisse subit dans le sang même une combustion partielle qui produit de l'acide carbonique et de l'eau, termes ultimes de la décomposition. Bien qu'en somme il transsude à travers la paroi des vaisseaux moins de graisse que d'albumine, la quantité de la graisse introduite dans le sang à la suite d'une ingestion de graisse et d'albumine diminue plus vite que celle de l'albumine (Thomson). Mais comme la graisse abandonne les vaisseaux plus lentement que l'albumine, il faut nécessairement attribuer cette diminution plus rapide à une combustion dans le sang. Pendant la digestion on expire plus d'acide carbonique (Vierordt).

L'eau-de-vie, le vin, la bière subissent dans le sang une combustion. Une partie de l'esprit-de-vin que toutes ces boissons renferment, se brûle dans le sang comme dans l'air à une chaleur de 30 à 40 degrés pour former de l'acide acétique. Il se peut et même il est vraisemblable que cela n'arrive qu'après une formation préalable d'aldéhyde, corps qui ne diffère de l'acide acétique que parce qu'il contient moins d'oxygène (Bouchardat et Sandras, Duchek). La formation du vinaigre repose sur une combustion imparfaite de l'esprit-de-vin; cette combustion s'opère dans le sang exactement de même que celle de l'ammoniaque qui donne de l'acide nitrique. En subissant une combustion plus avancée, l'acide acétique se change en acide oxalique et en eau, et l'acide oxalique se brûlant entièrement, se résout en acide carbonique (1).

(1) Duchek, *Prager Vierteljahrsschrift*, 1853, III, 133. Les recherches de Masing ont montré qu'on ne doit pas regarder comme décisive

Toutes les modifications que le sang subit par la respiration s'expliquent par la combustion et la déperdition d'eau. Le résultat de la combustion est qu'il y a dans les artères plus de fibrine et moins de graisse que dans le sang des veines qui n'a pas encore respiré. Une partie de l'albumine du sang veineux se change en fibrine en absorbant de l'oxygène, la graisse se réduit en partie en acide carbonique et en eau par suite de la combustion.

En comparant l'air expiré à celui qui est inspiré, on trouve que la quantité d'acide carbonique n'y a pas subi seule une augmentation, celle de l'eau aussi est devenue plus grande. En traversant les vaisseaux capillaires des poumons, le sang des veines cède de l'eau à l'air des vésicules pulmonaires. Aussi le sang de l'artère pulmonaire qui amène le sang veineux aux poumons contient-il plus d'eau que celui des veines pulmonaires qui ramènent le sang des poumons dans le cœur. C'est encore pour cette raison que le sang des petites veines contient toujours plus d'eau que celui des artères. On ne doit pas voir une contradiction à cette règle générale, dans ce fait que la veine cave inférieure contient moins d'eau que le sang artériel. En effet elle a perdu beaucoup d'eau sous forme d'urine et de bile (Lehman) (1).

la preuve que Duchek avait donnée de la présence de l'aldéhyde dans le sang, et qu'une grande partie de l'alcool ingéré est éliminée en nature par les poumons et les reins. *Schmidt's Jahrbücher*, LXXXVII, 24, 25. Il reste toujours des recherches de Duchek un résultat instructif : l'aldéhyde injectée dans les veines ou dans l'estomac produit les mêmes phénomènes d'ivresse que l'alcool. Duchek, 117, 119.

(1) Lehmann, *Canstatt's Jahresbericht für* 1855, I, 189. Les recherches de Lehmann nous ont enfin débarrassé des résultats inintel-

Quand la composition s'altère les propriétés changent. Le sang rouge bleu sombre des veines devient rouge éclatant par la respiration. Le sang de l'escargot des vignes devient bleu en absorbant de l'oxygène, et incolore en absorbant de l'acide carbonique.

Nous voyons que le sang abandonne constamment ses propres parties constitutives aux organes du corps en qualité d'éléments histogènes. L'activité des tissus décompose ces éléments en acide carbonique, en urée et en eau. Enfin les matières excrémentitielles traversent constamment le courant de la circulation pour gagner les poumons, les reins, la peau et le rectum d'où elles sont rejetées hors du corps. Il est donc nécessaire que les tissus et le sang subissent par la marche régulière de la vie une déperdition de substance, qui ne trouve de compensation que dans le dédommagement fourni par les aliments.

Cet échange de matières s'opère avec une rapidité remarquable. La durée moyenne de la vie des hommes qui succombent à l'inanition va jusqu'à deux semaines. Mais au moment où un vertébré, quel qu'il soit, meurt d'inanition, son corps a perdu les quatre dixièmes de son poids primitif. Supposons que cette perte de poids pût se prolonger sans donner lieu à la mort par inanition, au bout de trente-cinq jours un homme aurait consommé la totalité de son corps. En effet, si l'on prend deux fois et demi les quatre dixièmes qui sont dépensés, on obtient l'unité, c'est-à-dire le corps entier. La mort arrive après quatorze jours; si l'on prend quatorze deux fois et demi, on obtient trente-cinq. Si nous remplaçons

ligibles de Nasse, Simon, Hering, Clément, et réhabilité les assertions de Lecanu et de Letellier.

les pertes par des aliments, le corps d'un adulte se maintient dans son poids primitif. Chez les individus qui font un usage convenable d'aliments et de boissons, l'échange des matières s'opère plus vite que chez les êtres épuisés par l'abstinence. Ces faits justifient donc tout à fait la supposition que le corps renouvelle la plus grande partie de sa substance dans un laps de temps de vingt à trente jours.

Barral rapporte qu'en été il perdait en vingt-quatre heures à peu près le quatorzième, et en hiver même le douzième du poids de son corps. Chez divers individus la grandeur de la perte journalière peut cependant subir de grandes variations. Le colonel Laun (de Sarrelouis) a fait sur lui-même plusieurs pesées en s'imposant un régime régulier. Il en a pris les moyennes, et a trouvé une perte moyenne d'un vingt-deuxième de son poids en vingt-quatre heures (1).

La nourriture qu'on absorbe, et l'oxygène qu'on inspire couvrent cette perte. Le sang, en effet, ne provient pas seulement des substances alimentaires, mais à la fois de la nourriture et de l'oxygène. Cela est encore plus vrai des tissus. La condition de la genèse des tissus, c'est la respiration.

Supposons que le corps perdît chaque jour en hiver un nouveau douzième, en été un nouveau quatorzième de son poids, le corps tout entier serait renouvelé en douze ou quatorze jours. D'après les résultats de Laun, il faudrait dire vingt-deux jours.

Liebig déduit cette rapidité de l'échange des matières d'une autre considération. On ne se trompe guère en

(1) Laun, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, Herausgegeben von Jac. Moleschott, II, 278 et seq.

attribuant à un homme fait une quantité moyenne de vingt-quatre livres de sang. L'oxygène que nous absorbons en quatre ou cinq jours par la respiration suffit à transformer par la combustion tout le carbone et l'hydrogène de ces vingt-quatre livres de sang en acide carbonique et en eau (1). Mais le sang s'élève environ au cinquième du poids du corps d'un adulte (2). Si donc

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 389, 390.

(2) Welcker a essayé de rendre probable que le sang ne s'élevait environ qu'au dixième du poids du corps humain par des recherches sur le pouvoir colorant de l'hématosine du sang, et des expériences sur la quantité du sang basées sur ce pouvoir colorant; quelque favorables que ses expériences et la discussion qui les accompagne soient à l'opinion de Welcker, il me semble cependant que les résultats de l'observation directe sont invincibles. J'avoue que j'ai toujours accordé plus de valeur aux observations de Wrisberg qu'aux expériences ingénieuses de Valentin pour déterminer la quantité du sang, parce qu'il ne faut pas oublier qu'il y a dans ces dernières une source d'erreur bien connue, à savoir la perte d'eau que le sang cède aux tissus et aux glandes. Wrisberg a recueilli une fois 24 livres de sang du corps d'une femme décapitée, et a vu dans un cas une femme perdre 26 livres de sang par une hémorrhagie utérine. Voyez *Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 2te Auflage I, 495. Il peut se faire, quand un corps perd tout son sang, que par suite d'un accroissement d'absorption, une quantité considérable de sucs nourriciers déjà exsudés hors des vaisseaux retourne dans la circulation, et Welcker peut bien avoir raison, quand il ne considère dans sa discussion que le sang manifestement contenu dans le cœur et les vaisseaux à un moment donné. Mais il est à peu près indifférent pour notre calcul que ces 24 ou 26 livres de sang soient en une ou plusieurs minutes contenues dans les vaisseaux ou qu'il faille en chercher une partie hors des vaisseaux à un moment donné. Au point de vue de Welcker, ses expériences et ses incertitudes sont très-dignes d'attention, quoiqu'elles ne soient point décisives. Voyez son mémoire :

cinq jours suffisent à dépenser le sang par l'échange des matières, il faut que le corps entier se transforme en cinq fois cinq ou vingt-cinq jours. J'ai trouvé avec Marfels que des corpuscules colorés du mouton, qu'on injecte en grande quantité dans la circulation des grenouilles, en ont complétement disparu après dix-sept jours (1). Or, puisque l'échange matériel s'opère chez les grenouilles avec plus de lenteur que chez les animaux à sang chaud, il faut admettre que les globules colorés du sang de l'homme se renouvellent complétement en moins de dix-sept jours.

La concordance des résultats qu'on obtient en partant de trois points de vue différents est une garantie positive de la vérité de l'hypothèse, d'après laquelle il faut trente jours pour donner au corps entier une composition nouvelle. Les sept ans que la croyance du peuple fixait pour la durée de ce laps de temps sont donc une exagération colossale, et si Jean Paul avait voulu accommoder sa plaisanterie à la science actuelle, il aurait pu réduire à un mois le temps après lequel l'homme et la femme doivent vivre l'un avec l'autre en adultère, puisqu'il ne sont plus les mêmes, quant à la matière.

Quelque surprenante que puisse paraître au premier coup d'œil cette rapidité, les observations s'accordent sur tous les points. D'après Stahl, les alouettes perdent en un jour la graisse qui s'est développée pendant la

« *Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode*, Prager Vierteljahrsschrift für die praktische Heilkunde, Jahrg. XI, IV, 74, 78.

(1) Marfels et Moleschott, sur la durée de la vie des globules du sang, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, Herausg. von Moleschott, I, 51.

nuit dans leur corps (1). J'ai déjà fait voir dans ces lettres que le développement des cellules s'opère dans le sang en sept ou huit heures aux dépens des matières fournies par le chyle (2). Qui ne sait du reste qu'il suffit de peu de jours pour rendre un homme presque méconnaissable par l'amaigrissement?

La rapidité de l'échange des matières que toutes ces observations démontrent, est ce qu'il y a de plus propre à diminuer l'étonnement que nous éprouvons en présence des résultats des recherches célèbres de Bidder et Schmidt; elles nous apprennent qu'un adulte pesant 128 livres sécrète en vingt-quatre heures près de 3 livres de salive, au moins 2 livres et demi de bile et plus de 28 livres de suc gastrique (3), de sorte qu'un fumeur affecté de la mauvaise habitude de cracher, peut cracher en une demi journée la quatre-vingt-cinquième partie de son poids. Dans le cours de vingt-quatre heures, il coule dans notre corps près du quart de notre poids de suc gastrique circulant du sang à l'estomac et de l'estomac au sang.

Chaque individu échange la matière avec une vitesse différente. J'ai déjà expliqué l'aptitude à l'action que l'homme, la femme, l'enfant et le vieillard manifestent chacun à leur degré par la propriété dont l'homme jouit, d'échanger plus de matières que la femme, l'adulte plus que le vieillard et l'enfant. L'ouvrier et le penseur changent la composition de leur corps dans

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1842, 267.

(2) Voyez note 2, p. 127.

(3) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, Mitau und Leipzig, 1852, 13, 216. — C. Schmidt, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCII, 42.

un temps plus court que les gens oisifs et les viveurs. Il y a des hommes qui vivent vite; chez eux l'espérance, la passion et l'abattement craintif qui se transforme rapidement en confiance joyeuse, mettent vivement le sang en mouvement. Ils vivent vite parce que l'échange des matières s'exécute vite dans leur corps.

L'absorption des aliments a pour antithèse celle de l'oxygène, mais il ne faut pas voir dans cette proposition l'oxygène réclamant une partie des aliments à titre d'aliments respiratoires, tandis qu'une autre partie servirait à la formation des tissus. La nourriture qui forme les tissus et qui par la suite, sous l'action de l'oxygène inspiré, se décompose peu à peu en matières excrémentitielles, est toujours la même matière à différents degrés de développement. Par la digestion les substances alimentaires se changent en éléments du sang, par l'action de l'oxygène les corps du sang deviennent des éléments histogènes, et ce n'est que l'action progressive de l'oxygène qui produit la désassimilation au sein des tissus. L'essence de cette désassimilation est la combustion lente de la graisse et de l'albumine, des substances réductibles en colle et du tissu élastique. Les termes ultimes de la combustion sont l'acide carbonique, l'eau, l'urée et l'ammoniaque.

Tant que l'équilibre existe entre la sanguification et l'élimination, le corps ne souffre aucune altération dans sa provision générale de matière. Cet équilibre se maintient dans l'échange de matières de l'adulte. On peut peser le corps d'un homme de trente à quarante ans, bien des jours l'un après l'autre, sans constater une augmentation ou une diminution de poids qu'on ne puisse expliquer par une recette ou une dépense, qui l'aurait immédiatement précédée. Réparti sur plusieurs jours,

un pareil changement de poids est complétement compensé.

Chez le vieillard l'équilibre est détruit. La digestion n'est plus aussi puissante que chez l'homme à la fleur de l'âge. L'absorption des aliments et des boissons se règle très-vite sur la digestion. L'action de l'oxygène et la désassimilation des tissus qui en est l'effet ne discontinue pas. Il en résulte immédiatement une diminution du suc nourricier qu'on peut reconnaître non-seulement par la pesée mais aussi par l'inspection directe. Des parties qui comme le globe de l'œil contiennent beaucoup de liquide sont moins remplies, moins tendues dans un âge avancé; la cornée s'aplatit, ce qui est cause que la myopie diminue d'année en année, et même peut se convertir en l'infirmité opposée. Les os des vieillards ont perdu une partie de leur élasticité, parce qu'ils sont moins riches en eau que ceux des adultes (Fremy) (1).

La combustion atteint donc les substances organiques; et les parties constitutives inorganiques en somme abandonnent le corps moins vite que la totalité de l'albumine et de la graisse. Aussi les sels et surtout les sels terreux s'accumulent-ils relativement dans les tissus. Les os deviennent plus riches en chaux et cassants, les parois des vaisseaux et leurs valvules s'encroûtent de craie.

Dès que la recomposition ne fait plus équilibre à la désassimilation, le dépérissement des tissus s'ensuit inévitablement. La mâchoire inférieure diminue de volume, ce que trahit le menton pointu des vieilles gens. La graisse sous-cutanée subit une déperdition considé-

(1) Fremy, *Comptes rendus*, XXXIX, p. 1055.

rable, aussi sur le front et les mains la peau devenue trop large se ride. Les muscles amincis manquent de contractilité, ils ne peuvent plus redresser l'épine dorsale, et laissent tomber la tête en avant. Aussi admirons-nous comme une chose rare l'allure assurée et droite des vieillards vigoureux. Les cordes vocales deviennent plus sèches, elles perdent de leur flexibilité et de leur élasticité. La voix devient rauque et sourde ou aigre et criarde. A partir de la cinquantième année, le poids du cerveau diminue aussi (Peacock) (1).

Il résulte des recherches de Boecker que, pendant le sommeil, quand on compare cet état avec celui de veille, toutes les autres conditions étant les mêmes, les sécrétions augmentent et la production du cerveau s'accroît (2). Chez l'enfant à la mamelle qui dort plus qu'il ne veille, le développement des tissus est en somme favorisé. L'enfant quand il veille ne se trouve pas dans les mêmes conditions que quand il dort, au contraire, il se démène avec vivacité, joue, pousse des cris de joie, et ce n'est que parce qu'il dort souvent, que l'acide carbonique qu'il exhale se trouve diminué. Le sommeil n'a donc pas seulement une utilité indirecte, en ce qu'il diminue les pertes, mais il en a aussi une directe parce qu'il active le développement. Au contraire, chez le vieillard souvent tourmenté d'insomnie, la recomposition doit souffrir. Et comme il faut admettre encore, malgré le travail de Boecker, qu'une nuit passée tranquillement dans le sommeil est

(1) Peacock, *Archives générales de médecine*, 4e série, XXVII, 212, 213.

(2) Boecker, sur le sommeil, *Archiv für Wissenchaftliche Heilkunde von Beneke, Nasse, Vogel*, II, 105.

suivie d'une perte de poids moindre qu'une autre passée dans l'agitation et la veille, tout doit contribuer chez le vieillard a accroître le défaut de proportion entre la sanguification et la désassimilation. Avec la matière la force diminue. La fin s'approche doucement. La mort est un épuisement qui résulte de l'appauvrissement matériel.

TREIZIÈME LETTRE.

DÉSASSIMILATION DANS LA PLANTE.

Les produits de la désassimilation du corps de l'animal se rassemblent en partie dans des réceptacles creux du corps, la vessie, les poumons, la vésicule biliaire, pour être éliminés par l'urèthre, la trachée artère et l'intestin. L'élimination de ce qui reste se fait directement par la peau. Les matières excrémentitielles occupent toutes le dernier degré de la décomposition.

La quantité principale des matières que les plantes excrètent, se compose de l'oxygène, que toutes les parties vertes dégagent si abondamment sous l'influence de la lumière. Mais tandis que l'acide carbonique que l'animal expire, représente un chaînon terminal de la désassimilation, l'oxygène que les plantes rejettent est décidément un produit de développement.

Si nous considérons la nature organique entière, le règne végétal comme le règne animal, nous voyons que l'évolution de la matière, depuis les limites extrêmes des combinaisons les plus simples, jusqu'aux parties constitutives du sang des animaux repose sur une dé-

perdition d'oxygène. A partir de la formation du sang, le déploiement de la matière qui se faisait par appauvrissement en oxygène devient une combustion, c'est-à-dire, une absorption d'oxygène. Mais en même temps le développement se convertit en désassimilation.

L'acide carbonique et l'eau fournissent à la plante les principaux matériaux de son corps. De ces deux combinaisons simples, l'eau seule contient déjà autant d'oxygène qu'il y en a proportionnellement à l'hydrogène dans les parties constitutives les plus répandues des plantes.

Abstraction faite de l'eau qui pénètre toutes les parties du végétal, c'est la cellulose qui forme la masse du corps des plantes, depuis le champignon qui ne se compose que de quelques cellules alignées, jusqu'aux sapins et aux chênes. La cellulose est une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui contient ces deux derniers éléments exactement dans la proportion, sous laquelle ils forment l'eau. Pour exprimer cette relation d'une manière plus sommaire, on a même représenté souvent la cellulose comme une combinaison de carbone et d'eau. Mais c'est à tort, car rien ne prouve que l'oxygène et l'hydrogène restent à l'état d'eau dans la cellulose. Seulement il est certain que la cellulose se forme d'acide carbonique et d'eau, et que l'eau seule fournit avec la quantité d'hydrogène nécessaire à la cellulose, autant d'oxygène qu'il y en a dans la composition de ce principe immédiat. Or l'acide carbonique contient encore beaucoup plus d'oxygène que l'eau. Une partie de l'oxygène contenu dans la cellulose est couverte en tous cas par l'oxygène de l'acide carbonique. Il y a donc un excès considérable d'oxygène dans les principaux aliments de la plante.

Déjà l'eau seule contient autant d'oxygène que la cellulose, et l'acide carbonique en renferme beaucoup plus que ce principe immédiat qui se développe aux dépens de l'eau et de l'acide carbonique. Donc, il ne peut se former de la cellulose avec les éléments de l'eau et de l'acide carbonique, sans qu'une quantité notable d'oxygène soit mise en liberté. Tout le carbone et tout l'hydrogène de l'acide carbonique et de l'eau qui prennent part à la formation de la cellulose, sont combinés, et comme on dit, fixés dans la plante, tandis que plus des deux tiers du poids de l'oxygène contenu dans la somme de l'acide carbonique et de l'eau, sont mis en liberté et exhalés par la plante.

L'amidon et la dextrine, le sucre et le mucilage végétal ont tous un caractère essentiel, commun avec la cellulose; ils ne contiennent pas plus d'oxygène que l'eau dont l'hydrogène entre dans leur propre composition n'en peut donner à la plante. Ainsi quel que soit celui de ces corps qui se développe le premier dans la plante aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau, que ce soit la dextrine ou la cellulose, la condition absolument indispensable de son développement est une élimination d'oxygène, et sans doute une élimination très-abondante. En changeant l'acide carbonique et l'eau en cellulose, en dextrine et en amidon, la plante élimine de l'oxygène.

Les parois des vieilles cellules ne sont pourtant pas composées simplement de cellulose, mais aussi de couches extérieures de matières ligneuses déposées autour de la cellulose et dans leur épaisseur. Les matières ligneuses sont des degrés plus tardifs du développement de la cellulose. Elles contiennent moins d'oxygène qu'elle, elles ne peuvent donc naître à ses

dépens, sans que de l'oxygène soit mis en liberté de nouveau.

La matière subéreuse, qui compose si fréquemment les parois des cellules qui revêtent l'épiderme, est encore plus pauvre en oxygène. Les pommes de terre sont recouvertes de plusieurs couches dont les cellules se composent de cette matière. De même il est très-fréquent que les poils les plus délicats des plantes et les épines soient revêtus d'une mince couche subéreuse. Quand on fait bouillir dans l'acide nitrique la coque dure des noyaux de nos drupes, les cellules qui auparavant étaient cimentées par une couche de substance subéreuse, se séparent les unes des autres. L'acide nitrique, composé riche en oxygène fait passer cette substance par divers degrés de combustion, et la transforme enfin en acide subérique et en acide succinique, et par conséquent, la dissout (1). Or, puisque la substance subéreuse contient beaucoup moins d'oxygène qu'il n'en faudrait pour former de l'eau avec son hydrogène (2), elle ne peut prendre naissance que par un dégagement d'oxygène.

Quand les prairies se couvrent de verdure, quand le palmier étale sa large couronne de feuilles, quand le bois des chênes se durcit, quand la pomme de terre fabrique son tégument, quand le noyau de la pêche prend naissance et quand la forêt vieillit, la matière devient toujours plus pauvre en oxygène. Cet élément gagne la surface de la plante pour s'exhaler à la lumière.

(1) Mitscherlich, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXV, 314.

(2) Garreau a naguère donné comme formule provisoire empirique pour la matière subéreuse (cuticule) $C^{17}H^{16}O^{5}$. (*Annales des sciences naturelles*, mai 1850, 313.)

La cellulose, la dextrine, l'amidon, la matière subéreuse et le ligneux composent sans contredit la plus grande moitié des parties solides du monde végétal. On dit souvent que le caractère principal du règne végétal est l'accroissement; la cause principale de cette croissance consiste dans le relâchement des liens qui unissent l'oxygène au carbone et à l'hydrogène d'où résulte le dégagement du premier de ces éléments.

Outre la cellulose et la substance subéreuse, il se forme aussi de la graisse et de la cire. Mais déjà la graisse est extraordinairement plus pauvre en oxygène que la cellulose ou l'amidon, et la cire l'est encore plus que la graisse. Tant que les graines huileuses sont vertes, elles contiennent beaucoup d'amidon, qui pendant la maturation cède peu à peu la place aux graisses, pour disparaître enfin sans laisser de traces. Dans les olives, la cellulose et l'acide tannique diminuent, tandis que l'huile augmente (Blondeau) (1). La matière colorante, qui orne toutes les parties vertes est abondamment mêlée à une cire, l'un des corps les plus pauvres en oxygène du règne végétal. Cette cire doit sa naissance à l'amidon (Mülder). Dans la canne à sucre, le sucre se change en cire.

Mais puisque le sucre et l'amidon contiennent considérablement plus d'oxygène que la graisse et la cire, le développement de la matière dans la plante est aussi lié à une déperdition d'oxygène. La graisse et la cire ne peuvent se former sans élimination d'oxygène.

A la lumière l'oxygène se dégage. Aussi l'amidon qui se change en graisse et en cire, en perdant de l'oxygène, ne peut-il se maintenir que dans les parties

(1) Blondeau, *Journal für praktische Chemie*, XLVII, 411.

intérieures de la plante. Les racines contiennent plus d'amidon que le tronc, la moelle de la tige plus que la surface. Les cactus renferment dans l'intérieur de leur moelle les plus gros grains d'amidon. L'amidon diminue à la lumière. Les écailles de l'oignon exposées à la lumière perdent leur amidon. D'après Mitscherlich, les cellules corticales qui recouvrent la surface extérieure des plantes ne contiennent pas d'amidon, mais bien de la cire. C'est la force matérielle de la lumière qui revêt de cire la surface extérieure de nos fruits les plus brillants et voile les prunes et les pêches de leur fleur vaporeuse.

La cellulose, l'amidon, la dextrine, le ligneux, la substance subéreuse, la graisse et la cire sont tous des termes de l'évolution qu'accomplit l'organisation de la matière. L'évolution est associée à un puissant dégagement d'oxygène. Voilà une preuve suffisante que l'élimination dans le règne végétal n'est pas nécessairement liée à la désassimilation. L'oxygène qui se dégage est un produit du développement le plus avancé.

Et cependant il y a dans les végétaux une désassimilation. Mais une grande partie des substances qui occupent les degrés les plus inférieurs de ce mouvement rétrograde, restent emprisonnées dans le corps de la plante.

Les fleurs et les germes, et dans la nuit toutes les parties du corps des plantes absorbent de l'oxygène. La combustion lente, qui dans le corps de l'animal est la condition de la désassimilation, ne fait pas défaut à la plante.

La résine des conifères contient un acide que nous pouvons obtenir à l'aide d'un moyen énergique de combustion, par l'acide nitrique, aux dépens des acides gras. Par la combustion de l'acide butyrique, c'est-à-

dire en traitant cet acide gras par l'acide nitrique, Dessaignes a obtenu de l'*acide succinique* (1). Cet acide que nous n'avons d'abord connu que dans la résine des conifères fossiles, dans l'ambre jaune, se forme, dans les plantes aujourd'hui vivantes, par une absorption d'oxygène. C'est pourquoi l'acide succinique mêlé à de la résine, se rencontre principalement dans les parties extérieures des plantes sur lesquelles l'oxygène agit facilement.

L'*acide benzoïque* se trouve naturellement dans l'huile du fusain (*Evonymus europœus*) (2). On l'obtient par la combustion, aux dépens des huiles volatiles, et de la même manière on obtient l'*acide cinnamique* du baume du Pérou aux dépens de l'huile de cannelle. Un acide propre du thé (*acide bohéique*), un autre appartenant au café (*acide viridique*), proviennent d'une combustion faible subie par l'acide tannique. D'après Piria, le même phénomène peut changer l'*asparagine* en acide *malique*. L'asparagine et l'acide malique se rencontrent l'un près de l'autre dans les pommes de terre.

La matière colorante verte des plantes est un corps azoté qui contient tant d'oxygène qu'il ne peut naître des matières albuminoïdes que par une combustion. En automne le vert se change en jaune par l'effet de l'oxygène excité par la lumière.

La garance contient un liquide jaune qui ne se transforme en la matière colorante rouge de la garance que sous l'action de l'air.

De même la matière colorante jaune pâle du bois de campêche rougit en absorbant l'oxygène de l'air.

(1) Dessaignes, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXIV, 361.
(2) Schweizer, *Erdmann's Journal*, LIII, 437, 443.

Ce n'est qu'à la lumière que l'oxygène peut complétement déployer son influence (Schoenbein). Voilà pourquoi les couleurs n'acquièrent leur éclat que sous l'action combinée de l'air et de la lumière.

Mais la couleur n'est pas seule produite par l'oxygène et la lumière, l'odeur l'est aussi. Les huiles volatiles qui donnent aux fleurs leurs parfums ne se dégagent qu'à l'air. Les expériences instructives de Schoenbein nous apprennent même que l'espèce de l'odeur varie suivant l'excitation que la lumière exerce sur l'oxygène (1). Qui ne connaît les effets variables que produit sur nous le monde des plantes, suivant que nous aspirons ses suaves émanations par une belle et lumineuse matinée, ou sous un ciel obscur et nuageux?

Cette activité que la combustion communique au parfum des huiles volatiles n'est encore que le début d'une métamorphose qui, en se prolongeant, transforme les matières odorantes végétales en résines. La plupart des résines sont des degrés de combustion des huiles volatiles.

Une partie de ces résines transsude par l'écorce de l'arbre, et subit ainsi une véritable élimination. Mais une autre partie est renfermée dans des canaux sans parois propres, les conduits résineux, et ne prend aucune part à la vie de la plante.

Les acides et les bases, appartenant aux substances organiques, se trouvent très-ordinairement renfermés au sein de la plante dans des cavités propres, forclos en quelque sorte de l'échange actif des matières que les cellules environnantes entretiennent de tous côtés les unes avec les autres. L'*oxalate* et le *tartrate* de chaux

(1) Schoenbein, *Erdmann's Journal*, LII, 188, 190.

en particulier se déposent souvent dans les cellules des vieux cactus; ils forment des cristaux soustraits à l'échange des matières des corps organisés.

Les substances cristallines organiques sont en quelque sorte arrivées à un état de repos qui contraste avec le mouvement des matières organisées. La vie incessante diminue continuellement la quantité d'albumine des jeunes cellules, change leur cellulose en matière ligneuse et subéreuse, leur amidon en graisse et en cire, mais elle ne fait que passer devant ces cristaux isolés et mis en réserve dans la plante comme un résidu mort de l'activité organisatrice.

Aussi la place que les substances appartenant à cette catégorie occupent dans la vie végétale est-elle marquée par la propriété que possèdent les acides, les bases, plusieurs résines et matières colorantes de revêtir la forme cristalline.

Tant que la matière organique apparaît en qualité d'éléments histogènes, elle n'est ni acide, ni basique; elle n'a pas le caractère chimique tranché qui distingue les bases et les acides, ainsi que leur aptitude à cristalliser. La fibrine dans les muscles, l'albumine des parois des vieilles cellules végétales, la cellulose et la substance subéreuse ne sont ni acide, ni basique. L'acide carbonique, la créatinine et l'acide urique sont doués au contraire de caractères chimiques qui permettent de les appeler acides ou bases. On connaît l'acide carbonique et la créatinine à l'état cristallin comme l'acide urique.

La plupart des substances qui peuvent prendre des formes cristallines et qui, en même temps, manifestent par des propriétés chimiques tranchées, acides ou basiques, une constitution nette et chimiquement bien

arrêtée, à cause du peu de mobilité de leurs molécules, occupent la limite de l'échange des matières des corps organisés ; ce sont des degrés de la décomposition.

Une grande partie de ces matières provient, dans la plante comme dans l'animal, de l'action de l'oxygène sur les éléments histogènes. D'autres, pauvres en oxygène ou qui même en sont dépourvus, se forment à côté des produits qui prennent pour eux tout l'oxygène destiné à opérer la désassimilation. Par exemple, aux dépens des acides gras, il pourrait se former une huile volatile dépourvue d'oxygène à côté de l'acide succinique plus riche en oxygène.

Ainsi donc les acides et les bases, les matières colorantes, les résines et les huiles volatiles seraient les produits de la décomposition dans la plante, comme dans l'animal l'acide carbonique, la créatinine, l'acide urique, l'urée et la créatine. Comme celles-ci elles peuvent exister dans la plante en quantité excessivement variable. Bien plus, suivant les circonstances extérieures, elles peuvent même manquer complétement. Produits de la décomposition, ces substances sont des conséquences de la vie, mais on ne peut pas toujours les considérer comme des conditions nécessaires de la vie.

Tous les animaux qui ne vivent que de végétaux, et quelques carnivores, les chats, par exemple, n'ont point d'acide urique dans l'urine (1). Voici un fait analogue.

(1) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, 293, 389. Bischoff n'a jamais non plus trouvé l'acide urique ordinaire dans l'urine du chien. A la place de cet acide, Liebig a trouvé un acide propre à l'urine du chien. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVI, 125, 126.) Eckhard affirme, en contradiction avec les assertions des savants ci-dessus nommés, que lorsqu'un chien est

On ne rencontre pas de *solanine* dans les pommes de terre, quand elles ont trouvé à leur portée dans la terre une quantité suffisante d'autres bases; au contraire, les tubercules qui germent dans les caves, sont imprégnés de solanine vénéneuse. Par de semblables raisons la *conicine* manque aux ciguës des steppes de l'Asie. Les bases de l'écorce de quinquina (*quinine* et *cinchonine*) peuvent être remplacées par de la chaux, et un acide de l'opium (*acide méconique*) peut l'être par l'acide sulfurique. La chaux et l'acide sulfurique entrent dans la plante en qualité de substances alimentaires. La nourriture change donc la nature des produits de décomposition. C'est ainsi que nous voyons une nourriture végétale abondante produire dans l'urine des animaux de l'acide hippurique à la place de l'acide urique habituel, et substituer à la réaction acide du liquide excrété une réaction alcaline.

Une conséquence des caractères chimiques nettement tranchés et de la constitution bien arrêtée des substances qui relèvent de la désassimilation, c'est que l'art du chimiste les imite plus facilement que les matières susceptibles d'organisation, et douées de molécules plus mobiles que nous connaissons comme éléments histogènes par excellence.

J'ai déjà parlé de la belle étude que Liebig a faite de l'urine. L'un des plus beaux résultats de ce travail fécond, c'est que Liebig et Woehler ont découvert qu'il était possible d'obtenir l'urée sans le secours d'un animal vivant. Ils y arrivèrent en mélangeant du sulfate d'ammoniaque et du cyanate de potasse. L'acide cya-

nourri de viande son urine contient constamment de l'acide urique normal. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVII, 360.)

nique se combine avec l'ammoniaque pour former de l'urée, tandis qu'à côté il se produit du sulfate de potasse.

D'après Dessaignes, il y a dans l'ansérine puante (*Chenopodium vulvaria*) une base organique la *chénopodine* ou *triméthylamine* (1). Wicke et Wittstein affirment que cette combinaison se trouve dans les bourgeons et les fleurs de poiriers (*Pirus communis*), de l'aubépine (*Cratægus oxyacantha*, *C. monogyna*) et du sorbier des oiseaux (*Sorbus aucuparia*) (2). Mais cette base appartient à la série des alcaloïdes que Wurtz, dans un travail plein de talent sur les ammoniaques composées, nous a appris à préparer avec de la potasse aux dépens des combinaisons d'éther cyanique. On avait reconnu cette constitution chimique de la chénopodine, et l'on avait trouvé le moyen de la préparer artificiellement. Mène et Wertheim l'avaient effectivement préparée, en distillant une base de l'opium (la *narcotine*), avant qu'on l'eût trouvée dans une plante vivante. Aussi la découverte de cette base par Dessaignes dans l'ansérine puante, et par

(1) Il y a quelque temps que Dessaignes a fait connaître qu'il avait extrait la propylamine du *Chenopodium vulvaria* et qu'il l'avait soumise à l'analyse élémentaire. (*L'Institut*, 1er oct. 1851, 314 ; *Comptes rendus*, XXXIII, 358.) On a ensuite montré qu'il était probable que cette propylamine $AzC^6H^9 = Az\begin{matrix}H^2\\C^6H^7\end{matrix}$ devait être considérée comme de la triméthylamine $Az\begin{matrix}C^2H^3\\C^2H^3\\C^2H^3\end{matrix}$. (Voyez Winkles, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXIII, 116, 117.) Dessaignes vient d'avancer que le corps qu'il avait tiré du *Chenopodium vulvaria* et qu'il avait appelé propylamine était en effet de la triméthylamine. (*Comptes rendus*, XLIII, 671.)

(2) Wittstein, *Annalen der Chemie und pharmacie*, XCI, 121, 122.

Wittstein dans les bourgeons de végétaux appartenant à la famille des pommiers, n'a pas seulement de l'importance au point de vue topographique, elle a une valeur bien plus élevée.

Ainsi Hofmann, qui creuse un sujet très-voisin de celui de Wurtz et avec le même succès, est parvenu à obtenir parmi les bases artificielles, qu'il préparait au moyen des alcools composés, une substance qui s'accorde avec le produit le plus important du quinquina (la *quinine*), par les proportions de ses éléments, l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène (1). Quoique ce ne soit pas encore de la quinine, nous sommes en présence d'un fait qui nous prouve que la constitution intime des bases et des acides est relativement facile à découvrir, parce que la détermination de leur espèce chimique parmi les substances organiques est parfaite.

D'autre part, Schweizer a depuis peu démontré avec certitude que l'huile de fusain contient de l'*acide acétique* combiné avec de la *glycérine* (2), ce même acide acétique dont on avait déjà si souvent annoncé la découverte dans le règne végétal, mais sans preuve suffisante. Avec ce fait le physiologiste accepte avec une double joie la découverte de Kolbe, d'après laquelle le chlorure de carbone peut se changer en acide chloracétique, et celui-ci en acide acétique. Nous pouvons donc préparer artificiellement cet acide du fusain avec de pures matières inorganiques.

Bref, ce qui caractérise jusqu'ici les produits de la désassimilation, c'est que leur nature tranchée permet au chimiste de voir plus facilement au fond du mystère

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, XX, 208.
(2) Schweizer, *Erdmann's Journal*, LIII, 441.

de leur constitution. S'il n'est pas trop téméraire d'espérer qu'un jour nous serons en état de préparer l'albumine (1), cette substance qui occupe le point le plus élevé parmi les composés organiques, nous pouvons considérer la fabrication artificielle des produits de décomposition des êtres organisés, comme l'école où l'on se prépare à réaliser cette espérance.

De quelque côté que nous tournions les regards, partout où nous suivons l'essor de la chimie organique, nous trouvons dans le laboratoire du chimiste des produits artificiels de métamorphose qui nous permettent de tout espérer. Les physiologistes étaient encore sous l'impression du plaisir de voir qu'on pouvait obtenir toute la série des acides gras volatils par une combustion convenable des corps albuminoïdes (2), que déjà Deville nous apprenait à transformer l'essence de térébenthine en essence de citron, et Hlasiwetz l'essence de moutarde en essence de sauge, et l'essence d'asa fœtida en essence de moutarde (3). Au moyen d'un procédé relativement simple, on peut donner à l'essence de térébenthine, dont l'odeur est repoussante, le parfum agréable de la jacinthe (Wiggers), ou même celle du thym ou du romarin (4).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 24. Voyez *ibid.*, 60.

(2) Guckelberger, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXIV, 82, et Keller, *ibid.*, LXXII, 38.

(3) Deville, *Comptes rendus*, t. XXVIII, 324; Hlasiwetz, *Journal von Erdmann und Marchand*, LI, 373, et encore Hlasiwetz, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXI, 51-54. Voyez Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels*, 349, 350, où ces faits intéressants sont rattachés les uns aux autres.

(4) Sobrero, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXX, 106, 108; Adolph Strecker, *Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie*, Braunschweig, 1857, 2te Aufl. 434, 435.

D'après Cahours, l'huile volatile agréable du thé de Canada (*Gaultheria procumbens*) se compose d'esprit de bois et d'un acide qu'on retire de l'écorce de saule (1). On est déjà assez avancé pour pouvoir conjecturer qu'il existe dans les fruits les plus parfumés des combinaisons d'éther avec des acides organiques. L'éther qui parfume la peau du coing est vraisemblablement la même qu'on rencontre dans tous les vins. D'après les nouvelles recherches de Delffs, il se compose d'acide pélargonique et d'éther (2). Encore un pas de plus et le chimiste avec ses cornues et sa lampe réussira à produire comme par magie les émanations aromatiques des fruits savoureux en combinant des substances qui ne leur ressemblent pas. Depuis que ces lignes ont été écrites, les confiseurs ont déjà mis à profit le savoir des chimistes. On emploie l'éther pélargonique, sous le nom d'huile volatile de raisin, des combinaisons d'acide acétique, d'acide valérianique, d'acide butyrique, avec l'éther amylique, composé qui ressemble à l'éther, mais qui contient plus de carbone. On donne ainsi à nos sucreries les parfums agréables des poires, des pommes et de l'ananas (3).

Ces considérations s'éclairent et se complètent réci-

(1) Cahours, *Annalen von Liebig und Woehler*, XLVIII, 61. L'essence de *Gaultheria* est, d'après Cahours, un salycilate d'oxyde de méthyle.

(2) Schlossberger, *Organische Chemie*, Stuttgart, 1850, 236. D'après les recherches de Delffs qui a analysé l'éther œnanthique et l'œnanthate d'oxyde d'argent, et qui s'est occupé en outre de doser la baryte de l'œnanthate de baryte, l'acide œnanthique est identique avec l'acide pélargonique trouvé par Pless et Redtenbacher dans le *Pelargonium roseum*. Voyez Delffs, *Poggendorff's Annalen*, LXXXIV, 509, 515.— Éther pélargonique (d'abord appelé œnanthique).

(3) Hoffmann, *Erdmann's Journal*, LV, 189, 190.

proquement. Elles montrent que l'hypothèse d'après laquelle les bases et les acides, les essences et les éthers composés, les matières colorantes et les résines sont les divers degrés de la désassimilation qui s'opère dans le végétal, n'est pas une hypothèse gratuite.

Liebig combat cette opinion en ce qui touche les acides. D'après Liebig la matière dans les acides végétaux n'est pas en voie de décomposition, mais au contraire en voie de métamorphose progressive. A mesure que l'acide carbonique devient plus pauvre en oxygène, il doit naître, selon Liébig, de l'acide oxalique, puis de l'acide tartrique et ainsi de suite, de l'acide malique, de l'acide citrique, et enfin du sucre aux dépens des acides (1). Mais quand les fruits mûrissent, dans la plupart des cas ce n'est pas leur acide qui se change en sucre, car l'acide augmente à côté du sucre (Bérard). Néanmoins le fruit devient doux parce que la quantité de sucre augmente en proportion plus que les acides, de sorte que le sucre finit par les masquer. J'ai rapporté plus haut que pendant la nuit la plante subit manifestement une combustion lente, tandis qu'elle absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. Ce qui le prouve c'est que les feuilles de quelques plantes (*Cacalia ficoides*, *Cotyledon calycina*) qui n'ont aucun goût à midi et présentent le soir un goût amer, ont le matin un goût fortement acide (2). Ajoutons encore que, dans les raisins verts, l'acide tartrique est précédé par l'acide malique qui contient moins d'oxygène (Schwarz) (3).

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 242.

(2) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 2te Aufl. 1853, III, 160.

(3) Schwarz, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXIV, 83, 84.

Ce n'est que de l'acide tannique qu'on peut dire avec vraisemblance que pendant la maturation d'un grand nombre de fruits il se décompose en sucre et en acide gallique, puisque Strecker nous a montré comment on peut dédoubler l'acide tannique du chêne en sucre et en acide gallique, en le faisant bouillir avec de l'acide sulfurique étendu (1). L'expérience faite par Robiquet rend encore plus vraisemblable, qu'il s'opère un pareil dédoublement dans les fruits. D'après ce savant, le même ferment qu'on trouve dans les fruits, et qui transforme l'acide tannique en sucre et en acide gallique (2), existerait dans les noix de Galles (*pectase*).

Il paraît qu'il ne s'agit ici que d'une propriété générale de l'acide tannique, puisque Strecker et Hlasiwetz ont démontré, le premier que l'acide tannique du cachou, le second que l'acide tannique du Kino font partie des combinaisons du sucre (3). Il faut cependant se garder de croire trop vite que dans les fruits qui, lorsqu'ils sont encore verts, présentent un goût âpre, rappelant celui de l'acide tannique, le phénomène principal de la maturation consiste réellement en une transformation de l'acide tannique en sucre et en acide gallique. Les poires vertes elles-mêmes ne contiennent pas toujours de l'acide tannique (Bérard), quoique la couleur noire qu'elles donnent aux couteaux paraisse indiquer que cet acide s'y trouve souvent.

Dès que nous considérons la plupart des acides et

(1) Strecker, *Das chemische Laboratorium der Universität Christiania; Universitätsprogramm für das zweite Halbjahr*, 1854, 31, 32. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXI, 248, 249.

(2) Robiquet, *Comptes rendus*, XXXIV, 19, 20.

(3) Strecker, *loc. cit.*, 30, et Hlasiwetz, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXIX, 132.

des bases, les matières colorantes et les éthers composés, les essences et les résines, comme des produits de métamorphose rétrograde, une nouvelle différence entre les animaux et les plantes se présente à nous et fait apparaître leur contraste d'une manière très-caractéristique. Tandis que l'animal élimine toutes les matières de décomposition si vite qu'on a de la peine à les atteindre sur la grande route de la circulation, qu'elles parcourent toutes, la plante développe et conserve les matières odorantes et les matières colorantes à la fleur même de sa vie, et nous trouvons les acides, les bases et les résines déposées à demeure dans des cellules où l'on a de la peine à constater une activité vitale. Un acide analogue à l'acide humique (l'*acide ulmique*) se trouve dans les feuilles d'automne, et, d'après Mülder, il existe aussi dans le bois dur des noyaux des drupes. Cet acide, qui n'est d'ailleurs qu'un produit de putréfaction provient sans contredit de la désassimilation qui s'opère dans la plante.

Entre les parties constitutives des tissus et les produits de décomposition, entre la vie et la dissolution, il règne en général une opposition beaucoup moins hostile dans le végétal que dans l'animal. L'arbre porte longtemps au dedans de ses feuilles d'automne la substance brune noirâtre du terreau, avant que les feuilles, en tombant, ne transmettent à la terre leur mère, leurs parties constitutives qui se décomposeront complétement et fourniront de nouveaux aliments aux racines.

Ce qui distingue les matières produites par la désassimilation des végétaux, et les met en opposition avec l'urée et l'acide carbonique, ce n'est pas seulement que celles-ci sont des matières excrémentitielles, tandis que celles-là persistent à rester dans la plante; les corps en

question diffèrent aussi par leur espèce, ils diffèrent dans leur développement et leur composition. En un mot, ce qui les distingue, c'est que l'action de l'oxygène est bien moins énergique dans la production des substances végétales que dans la combustion des tissus de l'animal qui les réduit en acide carbonique et en urée. Beaucoup d'huiles volatiles même ne contiennent pas d'oxygène; beaucoup d'alcaloïdes et de matières colorantes n'en contiennent qu'une quantité relativement faible. Et même le corps le plus riche en oxygène qui se montre parmi les acides végétaux, l'acide oxalique, ne contient que les trois quarts de l'oxygène de l'acide carbonique, qui se forme en si grande abondance dans le corps de l'animal. Pourtant ce sont précisément les composés les plus riches en oxygène qui se trouvent parmi les corps que je prétends être produits par l'acte désassimilateur de la plante. L'acide oxalique est de toutes les substances qui naissent dans les plantes la plus riche en oxygène, et la matière colorante verte des feuilles est parmi les combinaisons azotées une des plus oxygénées qu'on ait trouvées dans le corps des plantes vivantes.

On a souvent opposé de bonnes raisons à ce désir immodéré qui porte à trouver dans le règne animal des phénomènes correspondant à ceux qui s'accomplissent dans la vie des plantes. Dans cet ordre d'idées, Schleiden en particulier nous a affranchi de beaucoup de notions fausses. D'après les considérations qui précèdent, il est clair que les deux règnes présentent aussi dans l'échange des matières des différences très-caractéristiques. Les substances que l'animal élimine sont des produits de décomposition; au contraire l'oxygène que la plante exhale si abondamment est un produit du développe-

ment. Tandis que l'animal expulse de son corps dans un temps très-court les acides et les bases, produits de la décomposition de ses tissus, nous voyons la plante conserver dans le sien toute une série de combinaisons qui doivent leur naissance d'une manière analogue à une activité désassimilatrice.

Tous ceux qui regardent le monde végétal avec sensualité doivent porter un intérêt tout particulier à ces produits de désassimilation. Parmi elles nous trouvons des épices qui excitent le palais, les aromes qui flattent les nerfs de l'odorat et réjouissent le souvenir lui-même, et l'éclat des couleurs qui ravit nos yeux. Que de mets que l'odorat seul nous invite à goûter, qui doivent à une faible quantité d'essence de cannelle, ou de girofle, une amélioration de leur goût! Il ne faut pas plus d'un gros de matière colorante pour parer de la couleur verte la plus luxuriante, les feuilles d'un tilleul de grandeur moyenne.

Certes nous n'avons pas le droit de nous étonner que les coléoptères fimicoles, et même des animaux d'un ordre supérieur, mangent des charognes et des excréments, ni que tout le monde végétal vive des excrétions des animaux, puisque nous savourons avec délices des substances qui se sont décomposées par l'effet de la vie des plantes, et qui ont une origine analogue à celle de l'urine et des matières fécales.

Sans les parties constitutives généralement répandues des plantes, sans leur albumine et leur amidon, leur cellulose et leur dextrine, notre vie ne serait pas possible. Une grande partie des plus agréables excitations des sens provient des degrés les plus inférieurs du développement de la vie des plantes, et quand nous languissons dans la maladie, nous obtenons la guérison

en employant des produits de désassimilation demeurés dans la plante.

Aucune partie de la chimie n'a été plus utile au médecin, que celle qui était consacrée à l'étude exacte des excréments rassemblés dans les végétaux. Dans beaucoup de cas, au lieu de donner au malade de l'écorce du quinquina, nous nous contentons de l'un de ses éléments, la quinine. Non-seulement nous épargnons au malade la digestion de bien des substances inutiles, mais nous pouvons agir sur les corps avec des quantités dont le poids est exactement connu, tandis que, dans le même poids d'écorce, il y a des quantités très-variables de matière active. L'action de l'opium peut être forte ou faible, mais si je sépare, si je pèse la matière active du suc de pavot, je suis certain que l'action que j'exercerai sera telle qu'on peut l'attendre de cette substance. Ce n'est qu'en pesant les médicaments qu'on peut faire des expériences concluantes. Il y a bien des années que Bretonneau nous a appris qu'une forte dose de quinine guérit la fièvre intermittente plus vite et à meilleur marché que beaucoup de petites. On ne pouvait guère faire une pareille expérience avec la simple écorce de quinquina.

Avec l'excrément du quinquina on guérit des maladies ; avec des résines on calfate les vaisseaux. La désassimilation des plantes sert à la fois aux plaisirs, à la guérison des maux et au commerce, de même que les déjections des animaux servent à la vie des plantes.

Quoique la plante élimine en partie ce qui provient de son développement, et conserve ce qui relève du mouvement rétrograde de l'échange des matières, il y a pourtant des substances produites par la décom-

position et destinées à être éliminées, que nous devons considérer comme de vraies matières excrémentitielles.

Disons tout d'abord qu'une partie des produits de décomposition citées plus haut est réellement éliminée. Les huiles odorantes, quelques bases comme celles de la ciguë, de l'ansérine puante, des fleurs de poiriers, l'acide formique de l'ortie ou des baies de genièvre, sont volatiles et peuvent, par conséquent, se séparer de la surface de la plante dans certaines circonstances. Je dis dans certaines circonstances, parce que les bases et les acides volatils peuvent demeurer dans la plante, les premières si elles y sont fixées par un acide, les seconds s'ils le sont par des bases. Quand nous aspirons le parfum embaumé de nos parterres, nous aspirons de vraies substances excrémentitielles végétales.

En outre, une notable partie de l'eau réduite en vapeur est éliminée, surtout par la surface inférieure des feuilles. D'après les expériences de Garreau, il se dégage quelquefois autant d'eau par la surface inférieure des feuilles que par la supérieure; plus souvent il s'en dégage trois fois, et dans quelques cas rares jusqu'à cinq fois plus. La raison manifeste de cette différence est que la face supérieure des feuilles tournée vers la lumière, contient d'ordinaire plus de cire que l'inférieure. Les veines des feuilles et toutes les autres régions de l'épiderme qui sont moins imprégnées de cire, exhalent aussi une plus grande quantité d'eau. Là où la cire est abondante, elle change l'épiderme en une couche peu perméable à la vapeur d'eau (1).

Draper attribue aux plantes une sécrétion d'azote et

(1) Garreau, *Annales des sciences naturelles*, juin 1850, 345.

de nouvelles expériences l'ont complétement confirmée (Cloëz et Gratiolet, Ad. et W. Knop) (1).

Nous comprenons tout de suite cette sécrétion d'azote, quand nous comparons la composition de l'ammoniaque avec celle des éléments azotés des plantes. L'ammoniaque contient plus d'azote que les substances albuminoïdes, si l'on évalue cette quantité par rapport à l'hydrogène. Or, nous pouvons faire dériver les bases végétales azotées en partie des corps albumineux de la plante, et cela donne une grande valeur à ce fait que les substances albumineuses contiennent par rapport avec l'hydrogène une plus grande quantité d'azote que la plupart des bases végétales. Les bases de l'écorce de quinquina et de l'opium en fournissent l'exemple le plus frappant. On peut donc rapporter une partie de l'azote que les plantes éliminent à la métamorphose de l'ammoniaque et de l'acide carbonique en albumine, et à celle de l'albumine en alcaloïdes du quinquina ou du suc du pavot. Au contraire, la *caféine* et la *théobromine* se distinguent des autres alcaloïdes, parce qu'elles contiennent plus d'azote que les corps albuminoïdes de la plante.

Mais ce n'est pas tout : non-seulement la plante élimine de l'azote et de l'eau, mais l'acide carbonique lui-même trouve sa place parmi les matières excrémentitielles. On savait depuis longtemps que le phénomène qui produit l'accroissement des plantes exposées à la lumière, l'échange d'oxygène contre de l'acide carbonique, se renverse pendant la nuit, de sorte qu'il y a de l'oxygène absorbé, de l'acide carbonique exhalé. Ce renversement des termes se produit déjà par un ciel

(1) Voyez la note 1, p. 81.

obscur et nuageux et dans le crépuscule (1). Il se produit aussi pendant la germination de la graine, et pendant que la floraison crée la semence.

Là où la vie de la plante atteint son apogée, dans la germination et la floraison, le mouvement de la matière acquiert sa plus grande rapidité. Nous voyons donc que dans le végétal, où toute activité aboutit au dégagement d'oxygène, les parties qui ont en partage la fonction supérieure de la vie végétale, la propagation de l'espèce, sont pourtant le siége d'une combustion, et que cette combustion produit les mêmes termes ultimes que la respiration dans l'animal. Par conséquent nous relevons aussi dans le règne végétal la loi qui fait sortir les produits les plus élevés de la vie du milieu de la désassimilation et de la destruction. La destruction la plus rapide est la condition invariable de l'activité la plus énergique.

(1) Voyez la note 1, p. 92.



TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME.

PRÉFACE IX

PRÉFACE DU TRADUCTEUR.............................. XI

PREMIÈRE LETTRE. — La révélation et les lois de la nature.... 1

DEUXIÈME LETTRE. — Origines des connaissances de l'homme.. 9

TROISIÈME LETTRE. — Indestructibilité de la matière.......... 23

QUATRIÈME LETTRE. — Croissance des plantes et des animaux.. 31

CINQUIÈME LETTRE. — La terre est l'organe de la création des plantes et des animaux.............................. 41

SIXIÈME LETTRE. — Circulation de la matière............... 53

SEPTIÈME LETTRE. — La plante et le sol 69

HUITIÈME LETTRE. — Les plantes et les animaux 80

NEUVIÈME LETTRE. — Nutrition et respiration............... 95

DIXIÈME LETTRE. — Développement des aliments dans le corps des animaux.................................... 108

ONZIÈME LETTRE. — Les cendres des animaux et de l'homme... 122

DOUZIÈME LETTRE. — Désassimilation dans l'animal.......... 149

TREIZIÈME LETTRE. — Désassimilation dans la plante......... 178

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

BIBLIOTHÈQUE

DE

PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Volumes in-18 à 2 fr. 50

Ouvrages parus.

H. TAINE. Le Positivisme anglais, étude sur Stuart Mill.
— L'Idéalisme anglais.
— Philosophie de l'art.
PAUL JANET. Le Matérialisme contemporain. Examen du système du docteur Büchner.
— La Crise philosophique : MM. Taine, Renan, Vacherot, Littré.
ODYSSE-BAROT. Lettres sur la philosophie de l'histoire.
ALAUX. La Philosophie de M. Cousin.
AD. FRANCK. Philosophie du droit pénal.
— Philosophie du droit ecclésiastique.
E. SAISSET. L'Ame et la Vie, suivi d'une étude sur l'Esthétique française
— Critique et histoire de la philosophie (fragments et discours.)
CHARLES LÉVÊQUE. Le Spiritualisme dans l'art.
— La Science de l'invisible. Études de psychologie et de théodicée.
AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la nature.

CHALLEMEL-LACOUR. La Philosophie individualiste, étude sur Guillaume de Humboldt.

CHARLES DE RÉMUSAT. Philosophie religieuse.

ALBERT LEMOINE. Le Vitalisme et l'Animisme de Stahl.

— De la physionomie et de la parole.

MILSAND. L'Esthétique anglaise, étude sur John Ruskin.

A. VÉRA. Essai de philosophie hégélienne.

BEAUSSIRE. Antécédents de l'Hégélianisme dans la philosophie française.

BOST. Le Protestantisme libéral.

FRANCISQUE BOUILLIER. Du Plaisir et de la Douleur.

ED. AUBER. Philosophie de la médecine.

LEBLAIS. Matérialisme et Spiritualisme, précédé d'une préface par M. E. LITTRÉ (de l'Institut).

AD. GARNIER. De la morale dans l'antiquité, précédé d'une introduction par M. PRÉVOST-PARADOL (de l'Académie française).

SCHŒBEL. Philosophie de la raison pure.

BEAUQUIER. Philosophie de la musique.

TISSANDIER. Du Spiritisme et des Sciences occultes.

Ouvrages à paraître.

AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la vie.

— Les Problèmes de l'âme.

CHALLEMEL-LACOUR. La Philosophie pessimiste.

LOUIS GRANDEAU. La Science moderne et le Spiritualisme.

AD. FRANCK. Philosophie du droit civil.

BUCHNER. Science et Nature. 2 vol.

J. MOLESCHOTT. La Circulation de la vie. 2 vol.

S. DE LUCA. La Philosophie chimique depuis Lavoisier.

JULES BARNI. De la morale dans la démocratie.

JOLY. L'Homme fossile.

BAUDRILLART. Philosophie de l'économie politique.

CHARLES DE RÉMUSAT. La Philosophie écossaise.

DE SUCKAU. Étude sur Schopenhauer.

BIBLIOTHÈQUE

D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-18 à 3 fr. 50

Volumes parus.

CARLYLE. Histoire de la Révolution française, traduite de l'anglais par M. Élias Regnault. Tome 1er : LA BASTILLE.

VICTOR MEUNIER. Science et Démocratie.

JULES BARNI. Histoire des idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle. Première partie.

AUGUSTE LAUGEL. Les États-Unis pendant la guerre 1861-1865.

Volumes à paraître.

CARLYLE. Histoire de la Révolution française; tome II : LA CONSTITUTION; et tome III : LA GUILLOTINE.

JULES BARNI. Histoire des idées morales et politiques en France au XVIIIe siècle (seconde partie).

ALFRED ASSOLANT. Histoire de Napoléon Ier, 1 vol.

CHALLEMEL LACOUR. Histoire de Louis-Philippe, 1 vol.

DE ROCHAU. Histoire de France depuis 1814 jusqu'en 1848, traduite de l'allemand par M. Rosenwald. 1 vol.

FRÉDÉRIC MORIN. Les Historiens du XIXe siècle. 1 vol.

EUGÈNE DESPOIS. Le Vandalisme révolutionnaire. 1 vol.

EUG. YUNG. La Révolution italienne. 1 vol.

REVUE
DES
COURS LITTÉRAIRES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER.

Reproduisant les principales leçons et conférences faites à Paris, en province et à l'étranger, dans les chaires de l'État et dans les cours libres, par MM. Franck, Alfred Maury, Ernest Havet, Ch. Lévêque, Paulin Pâris, de Loménie, Philarète Chasles, Michel Bréal, Martha, Patin, Janet, Egger, Berger, Saint-René Taillandier, Mézières, Geffroy, Caro, Wallon, l'abbé Gratry, l'abbé Freppel, Taine, Heuzey, Beulé, de Valroger, Guillaume Lejean, Jules Simon, J. J. Weiss, etc., etc.

Elle publie intégralement le cours de M. Ed. Laboulaye et celui de M. Valette.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Reproduisant les cours faits dans les facultés et dans les établissements libres par MM. Claude Bernard, Berthelot, Chatin, Riche, Robin, Coste, Becquerel, Vulpian, Serre, Lacaze-Duthiers, et des leçons de MM. Milne Edwards, Boutan, Payen, Pasteur, Troost, Bouchardat, Jamin, Bouchut, Liebig, Moleschott, Palmieri, Remak, de Luca, etc., etc.

Ces deux journaux paraissent le samedi de chaque semaine par livraisons de 32 à 40 colonnes in-4°.

Prix de chaque journal isolément.

	Six mois.	Un an.
Paris	8 fr.	15 fr.
Départements	10	18
Étranger	12	20

Prix des deux journaux réunis.

Paris	15 fr.	26 fr.
Départements	18	30
Étranger	20	35

L'abonnement part du 1er décembre et du 1er juin de chaque année.

La publication de ces deux journaux a commencé le 1er décembre 1863. Chaque année forme deux forts volumes in-4 de 800 pages.

BOUCHARDAT. **Le travail**, son influence sur la santé (conférences faites aux ouvriers). 1863, 1 vol. in-18. 2 fr. 50

BOUCHARDAT et H. JUNOD. **L'Eau-de-vie et ses dangers**, conférences populaires. 1 vol. in-8 1 fr.

BOURDET (Eug.) **Des maladies du caractère** (hygiène morale et philosophie). 1858, 1 vol. in-18. 3 fr. 50

BOURDET (Eug.). **Principes d'éducation positive**. 1863, 1 vol. in-18 de 358 pages. 3 fr. 50

BRIERRE DE BOISMONT. **Des hallucinations, ou Histoire raisonnée des apparitions**, des visions, des songes, de l'extase, du magnétisme et du somnambulisme. 1862, 3e édition très-augmentée. 7 fr.

BRIERRE DE BOISMONT. **Du Suicide et de la folie suicide**. 1865, 2e édition, 1 vol. in-8. 7 fr.

BROUSSAIS. **Examen des doctrines médicales**. 3e édition. 1829-1834. 4 vol. in-8. 5 fr.

CHAUFFARD. **Fragments de critique médicale**, Broussais, Magendie, Chomel. 1864, in-8 de 67 pages. 1 fr. 50

CHIPAULT. **Étude sur les mariages consanguins** et sur les croisements dans les règnes animal et végétal. 1863, 1 vol. in-8 de 112 pages. 2 fr. 50

COMBE (Georges). **Traité complet de phrénologie**; traduit de l'anglais par le docteur Lebeau. 1844, 2 forts volumes avec figures. 12 fr.

CUVIER. **Discours sur les révolutions de la surface du globe** et sur les changemens qu'elles ont produits dans le règne animal, 8e édition, 1 vol. in-18, avec 7 figures. 2 fr. 50

DELEUZE. **Instruction pratique sur le magnétisme animal**, précédée d'une notice sur la vie et les ouvrages de l'auteur, et suivie d'une lettre d'un médecin étranger. 1853. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

DELVAILLE. **De l'exercice de la médecine**, nécessité de réviser les lois qui le régissent en France, précédé d'une lettre de M. Jules Simon. 1865, in-8. 2 fr.

DUPRÉ. **De la liberté de l'enseignement médical**. 1865, in-8. 75 c.

D'ARCHIAC. **Leçons sur la Faune quaternaire** professées au muséum d'histoire naturelle. 1865, 1 vol. in-8. 3 fr. 50

DU POTET. **Traité complet de magnétisme**, cours en douze leçons. 1856, 3e édition, 1 vol. de 634 pages. 7 fr.

DU POTET. **Manuel de l'étudiant magnétiseur,** ou Nouvelle instruction pratique sur le magnétisme, fondée sur *trente années* d'expérience et d'observations. 1854, 3e édition, 1 vol. grand in-18, avec 2 figures. 3 fr. 50

ÉLIPHAS LÉVI. **Dogme et rituel de la haute magie.** 1861, 2e édit., 2 vol. in-8, avec 24 figures. 18 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **Histoire de la magie,** avec une exposition claire et précise de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1860, 1 vol. in-8, avec 90 figures. 12 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **La clef des grands mystères** suivant Hénoch, Abraham, Hermès Trismégiste et Salomon. 1861, 1 vol. in-8, avec 22 planches. 12 fr.

ÉLIPAS LÉVI. **Philosophie occulte. Fables et symboles,** avec leur explication où sont révélés les grands secrets de la direction du magnétisme universel et des principes fondamentaux du grand œuvre. 1863, 1 vol. in-8. 7 fr.

ÉLIPHAS LÉVI. **La science des esprits,** révélation du dogme secret des Kabbalistes, esprit occulte do l'Évangile, appréciation des doctrines et des phénoménes spirites. 1865, 1 vol. in-8. 7 fr.

HÉMENT. **Les Conférences du quai Malaquais.** — Félix Hément, les *Mouvements de la mer et de l'atmosphère.* — Louis Jourdan, *Blanche de Castille.* — Ernest Morin, le *Cardinal de Retz et M. Vincent.* — Th. Sauvestre, *De l'éducation des femmes.* — Évariste Thévenin, *Histoire du théâtre en France.* — P. Vulpian, le *Budget de la famille et le budget de l'État,* 1re année 1865, 1 vol. in-12 de 172 pages. 1 fr. 50

JOLY. **Leçons sur la génération spontanée,** 2 brochures in-8. 1 fr.

VICTOR MEUNIER. **La Science et les Savants en 1864.** 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

VICTOR MEUNIER. **La Science et les Savants en 1865** (premier semestre). 1 vol. in-18 de 360 pages. 3 fr. 50

Cet ouvrage paraît tous les six mois et résume les travaux les plus importants mis au jour pendant cette période.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Ouvrages parus.

H. TAINE. Le Positivisme anglais, étude sur Stuart Mill.
— L'Idéalisme anglais, étude sur Carlyle.
— Philosophie de l'art.
PAUL JANET. Le Matérialisme contemporain. Examen du système du docteur Büchner.
— La Crise philosophique : MM. Taine, Renan, Vacherot, Littré.
ODYSSE-BAROT. Lettres sur la philosophie de l'histoire.
ALAUX. La Philosophie de M. Cousin.
AD. FRANCK. Philosophie du droit pénal.
— Philosophie du droit ecclésiastique.
E. SAISSET. L'Ame et la Vie, suivi d'une étude sur l'Esthétique française.
— Critique et histoire de la philosophie (fragments et discours).
CHARLES LÉVÊQUE. Le Spiritualisme dans l'art.
— La Science de l'invisible. Études de psychologie et de théodicée.
AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la nature.
CHALLEMEL-LACOUR. La Philosophie individualiste, étude sur Guillaume de Humboldt.
CHARLES DE RÉMUSAT. Philosophie religieuse.
ALBERT LEMOINE. Le Vitalisme et l'Animisme de Stahl.
— De la physionomie et du langage.
MILSAND. L'Esthétique anglaise, étude sur John Ruskin.
A. VÉRA. Essais de philosophie hégélienne.
BEAUSSIRE. Antécédents de l'Hégélianisme dans la philos. française.
BOST. Le Protestantisme libéral.
FRANCISQUE BOUILLIER. Du Plaisir et de la Douleur.
ED. AUBER. Philosophie de la médecine.
LEBLAIS. Matérialisme et Spiritualisme, précédé d'une préface par M. E. LITTRÉ (de l'Institut).
AD. GARNIER. De la morale dans l'antiquité, précédé d'une introduction par M. PRÉVOST-PARADOL (de l'Académie française).
SCHŒBEL. Philosophie de la raison pure.
BEAUQUIER. Philosophie de la musique.
TISSANDIER. Des sciences occultes et du spiritisme.
J. MOLESCHOTT. La circulation de la vie. Lettres sur la physiologie en réponse aux Lettres sur la chimie de Liebig. Traduction par M. le docteur Cazelles. 2 vol.

Ouvrages à paraître.

AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de la vie.
AUGUSTE LAUGEL. Les Problèmes de l'âme.
AD. FRANCK. Philosophie du droit civil.
BUCHNER. Science et nature. 2 vol.
S. DE LUCA. La Philosophie chimique depuis Lavoisier.
JOLY. L'homme fossile.
BAUDRILLART. Philosophie de l'économie politique.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

BIBLIOTHÈQUE
DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

LA CIRCULATION DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE
EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE, DE LIEBIG

PAR

JAC. MOLESCHOTT

Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le Dr E. CAZELLES

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME SECOND

PARIS
GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR
Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres
Hipp. Baillière, 319, Regent street.

New-York
Baillière brothers, 440, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1866

LA

CIRCULATION

DE LA VIE

Paris.— Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

LA

CIRCULATION

DE LA VIE

LETTRES SUR LA PHYSIOLOGIE

EN RÉPONSE AUX LETTRES SUR LA CHIMIE, DE LIEBIG

PAR

JAC. MOLESCHOTT

Professeur à l'Université de Turin.

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC AUTORISATION DE L'AUTEUR

Par le Dr E. CAZELLES

Ancien interne des hôpitaux de Paris.

TOME SECOND

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR

Rue de l'École-de-Médecine, 17.

Londres — Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York — Baillière brothers, 440, Broadway.

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1866

LA

CIRCULATION

DE LA VIE

QUATORZIÈME LETTRE.

LA CHALEUR DES PLANTES ET DES ANIMAUX.

George Sand raconte dans un de ses plus beaux romans (1) que les bouviers connaissent une manière de dormir en plein air en dépit de la fraîcheur de la nuit. Un bœuf est commodément couché dans une prairie, on le fait lever et l'on se met à sa place; si, après quelque temps, on sent le froid et l'humidité, on n'a qu'à déplacer un autre bœuf. L'endroit sur lequel cette bête s'est reposée pendant quelques heures est toujours parfaitement sec et possède une chaleur agréable et saine.

C'est ainsi qu'on fait, dans les froides matinées de l'hiver, l'application vulgaire d'un principe scientifique, à savoir qu'il y a à l'intérieur de l'homme et des animaux une source de chaleur, qui dans de larges limites, reste indépendante des milieux ambiants.

(1) *Le péché de M. Antoine.*

Bien que Liebig soutienne à tort que dans tous les climats de la zone tempérée, aussi bien que sous l'équateur ou aux pôles, la température de l'homme et celle des animaux à sang chaud ne varie jamais (1), cependant il est incontestable qu'elle se modifie dans de si étroites limites que l'influence du climat s'efface presque entièrement.

Sur quelques points de la surface du corps de l'homme, la chaleur s'élève en moyenne à 34 ou 35 degrés du thermomètre centigrade, tandis que dans les parties intérieures, dans la cavité de la bouche, par exemple, en hiver comme en été, elle s'élève à 37. D'après les nombreuses mesures qu'a prises John Davy, la chaleur s'augmente dans les Indes occidentales, d'un peu plus d'un demi-degré (2).

Or, comme les parties intérieures de notre corps, même quand il gèle au dehors, possèdent une chaleur de 37 degrés pourvu que nous restions en mouvement, il est clair que nous produisons de la chaleur. Il s'agit de savoir comment.

Quand on connaît la raison de la formation et de la destruction des tissus, on connaît la source principale de la chaleur animale. En absorbant de l'oxygène, l'albumine se change en matière des muscles, des tissus réductibles en colle et des produits cornés. L'albumine, la fibrine, les tissus réductibles en colle, et les productions cornées absorbent de nouveau de l'oxygène en se métamorphosant en leucine, en tyrosine, en créatine, en créatinine, en hypoxanthine et en acide urique. En

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 398.

(2) John Davy, *Philosophical Transactions*, 1850, II, 447. Davy a trouvé que la chaleur était entre les tropiques plus élevée de 1 degré Fahrenheit, un peu plus de 1/2 degré centigrade.

se combinant avec l'oxygène toutes ces substances se décomposent en urée, en ammoniaque et en acide carbonique, et les graisses se résolvent en acide carbonique et en eau.

L'urée, l'acide carbonique et l'eau, voilà les derniers produits de la vie animale, voilà les plus hauts degrés de combustion auxquels la matière s'élève après avoir formé les tissus. Mais la formation des tissus aux dépens du sang doit elle-même être considérée comme une combustion, en tant que les corps albuminoïdes y prennent part.

Ainsi les os et les cartilages, les muscles et les membranes proviennent, tout aussi bien que l'urine et l'acide carbonique expiré, d'une combustion opérée dans le corps. Quand on eut reconnu qu'un si grand nombre de phénomènes de combustion s'opèrent dans l'organisme, on n'eut plus qu'un pas à faire pour porter toute la chaleur qui se développe dans l'animal au compte de la combustion.

Il fallait un calcul pour décider si en réalité toute la chaleur produite par les animaux doit son origine à la combustion. On connaissait la chaleur que dégage la combustion d'un poids donné de carbone, on put déterminer en outre la quantité d'acide carbonique qu'un animal expire en un temps donné, et la chaleur qu'il communique pendant ce temps à un autre corps, par exemple, à l'eau. Or, si la quantité d'acide carbonique expiré est assez grande pour expliquer la chaleur que l'animal dégage en un temps donné, par la chaleur que produit la combustion du carbone, laquelle est connue, on en conclut que la chaleur de l'animal tire son unique origine de la combustion.

Deux célèbres savants français, Dulong et Despretz,

ont commis la faute capitale de croire que le carbone des aliments brûle dans le corps en qualité de carbone, et qu'il doive y produire autant de chaleur que s'il était brûlé directement à l'air ou dans l'oxygène. Liebig a plus récemment renouvelé cette erreur. Ce n'est ni le carbone ni l'hydrogène qui brûlent dans notre corps et dans celui de l'animal, mais des combinaisons très-complexes de carbone et d'hydrogène qui contiennent toujours de l'oxygène et quelquefois aussi de l'azote. Dès à présent nous pouvons dire que plus une combinaison est riche en oxygène, moins elle a besoin d'en absorber pour brûler et se résoudre en acide carbonique et en eau. De l'albumine, de la graisse et du sucre, il peut provenir de l'acide carbonique et de l'eau. Mais nous ne savons pas à laquelle de ces substances il faut rapporter réellement l'acide carbonique expiré dans un cas donné. Au surplus, il est démontré qu'outre de l'acide carbonique et de l'eau, la combustion des corps albuminoïdes donne aussi naissance à de l'urée. Voilà pourquoi, même après avoir pesé l'oxygène qu'un animal consomme en respirant, nous ne pouvons jamais déterminer combien d'oxygène a été réellement employé à produire de l'acide carbonique dans le corps de cet animal. Nul calcul jusqu'ici ne peut découvrir combien de chaleur cet acide carbonique a réellement dégagé en se formant.

Quand un élément histogène se réduit complétement en urée, en acide carbonique et en eau, l'absorption d'oxygène qui doit être la condition de sa décomposition varie manifestement, suivant la quantité d'oxygène que l'élément du tissu contenait déjà.

Le principe réductible en colle, que possèdent les os, a besoin, pour brûler, de moins d'oxygène que la fibrine;

il en faut moins à la fibrine qu'à l'albumine. La raison en est que celle de ces matières qui possède le plus d'oxygène, c'est l'élément des os, et celle qui en possède le moins, c'est l'albumine.

Le dégagement de chaleur que manifestent des poids égaux d'acide carbonique est différent, selon qu'on doit rapporter ce produit de la combustion à la colle ou à l'albumine.

Donc il est évident que Liebig se trompe, quand il soutient « *qu'il n'y a pas de différence, si ce n'est que la quantité de chaleur produite se répartit sur des temps inégaux* (1). »

Dans l'acide carbonique que nous expirons il n'y a pas seulement l'oxygène apporté du dehors, pas seulement l'oxygène inspiré, mais aussi une partie de l'oxygène que déjà le sucre, l'albumine, la graisse contenaient avant la combustion. Cette dernière partie d'oxygène n'a point produit de chaleur dans le corps. Nous ne pouvons pas, un cas étant donné, en déterminer la quantité; tout élément de calcul manque donc à nos mains incertaines.

Nous avons même une raison pour prétendre que les corps organiques composés qui ne contiennent pas d'oxygène, développent moins de chaleur en brûlant que leur carbone et leur hydrogène n'en font présumer. C'est ce qu'on voit arriver pour le gaz des marais, pour l'essence de térébenthine et l'essence de citron qui ne contiennent pas d'oxygène (Favre et Silbermann).

Avec la quantité d'acide carbonique et d'eau que les animaux fournissent, Dulong et Despretz pensaient expliquer de sept à neuf dixièmes de la chaleur pro-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 397.

duite. Tout ce que j'ai dit ci-dessus fait voir que ce résultat du calcul ne peut être positif. Les chiffres sont trop élevés, puisque l'oxygène, qui déjà auparavant se trouvait à côté du carbone et de l'hydrogène dans les éléments des tissus brûlés n'est pas porté en compte et ne peut l'être.

L'oxygène se rencontre dans le corps humain avec des substances très-différentes. Il brûle l'alcool pour former de l'aldéhyde et de l'eau, l'aldéhyde pour former de l'acide acétique, ensuite l'acide acétique qu'il résout en eau et en acide oxalique, et enfin l'acide oxalique qu'il transforme en acide carbonique. Il brûle l'ammoniaque, qu'il change en acide nitrique, et l'acide urique dont il fait de l'urée et de l'acide carbonique. Comment peut-on croire qu'on puisse reconnaître la chaleur manifestée réellement dans celle qu'on aurait obtenue, « *si l'on avait pris une quantité d'oxygène correspondante à l'acide carbonique constaté et à l'oxygène disparu pendant la combustion pour former de l'acide carbonique et de l'eau?* » Comment le peut-on, je le demande, puisqu'il est positif que ce même oxygène disparu ne se trouve qu'en partie dans l'acide carbonique éliminé et l'eau exhalée?

Au point de vue historique, les expériences de Dulong et Despretz ont une valeur impérissable parce qu'elles ont enseigné que plus de la moitié de la chaleur dégagée par un animal peut être regardée comme chaleur de combustion. Mais aller plus loin, attribuer à la combustion toute la chaleur animale, et croire comme le fait Liebig, que « *cette conclusion résolve d'une façon satisfaisante le problème de la chaleur animale* (1) », c'est

1) Liebig, *Chemische Briefe*, 437.

mutiler le langage éternel des expériences, c'est obstruer la voie de la science au point même où l'expérience ramenée à de justes limites promettait de dévoiler de nouveaux mystères.

Ainsi donc nous pouvons considérer la plus grande partie de la chaleur animale, mais non pas la totalité d'une manière absolue, comme de la chaleur de combustion. Cependant c'est cette part qui revient à la combustion qui a mis le savant sur la bonne voie. Nous ne cherchons plus l'origine de la chaleur du corps dans une action nerveuse mystérieuse dont on ne peut se faire aucune idée précise. A côté de la combustion il y a d'autres phénomènes chimiques qui s'opèrent et qui par leur mouvement continu fournissent un contingent qui n'est rien moins qu'insignifiant.

D'après les belles recherches d'Andrews, toutes les fois qu'une base se combine avec un acide, il y a dégagement de chaleur. La quantité de cette chaleur dépend de l'espèce de la base et non de celle de l'acide. Ce n'est que lorsqu'un sel contient un acide qui ne sature pas complétement la base, et que la base prédomine ainsi dans le sel, qu'il se dégage de nouveau de la chaleur quand on déplace l'acide faible par un autre plus énergique qui sature complétement la base. Dans ce cas l'espèce de l'acide manifeste aussi une influence (1).

Le carbonate de soude est un sel du corps de l'animal où la base prédomine; le sel a pour caractère une réaction alcaline ou basique, parce que l'acide carbonique ne neutralise pas parfaitement la soude. Or, si l'acide lactique ou l'acide urique, ou l'acide inosique, bref

(1) Andrews, *Journal von Erdmann und Marchand*, I, 478.

n'importe quel acide plus énergique, chasse du se l'acide carbonique, il se dégage de la chaleur. On pourrait objecter que l'acide carbonique devrait fixer de la chaleur en sa qualité d'acide volatil, quand il est chassé du sel de soude et qu'il passe à l'état gazeux. Dans ce cas la chaleur amenée à l'état latent pourrait être égale ou même supérieure à celle qui se dégage quand la soude se combine avec des acides plus énergiques. Seulement il ne faut pas oublier que cette décomposition ne s'opère pas à l'air mais dans les liquides du corps. L'acide carbonique ne peut donc pas prendre l'état gazeux en se séparant de ses combinaisons, il est bien plutôt absorbé par l'eau. Mais quand l'eau absorbe de l'acide carbonique, sa température s'élève (Henry). Donc la décomposition du carbonate de soude par l'acide lactique, l'acide urique, l'acide inosique ou l'acide phosphorique qui provient de la combustion du phosphore des corps albuminoïdes est une source importante de chaleur.

D'une manière analogue il se dégage de la chaleur pendant qu'un sel neutre se change en sel basique, c'est-à-dire en un sel où la base prédomine sur l'acide non-seulement par les propriétés, mais aussi par la quantité. Le phosphate de soude commun est un sel de cette espèce qui contient, par rapport à l'acide phosphorique, assez de soude pour qu'elle puisse imprimer sa réaction à la combinaison, tandis que dans le carbonate de soude la quantité d'acide carbonique faible peut prédominer, et pourtant l'alcali puissant se décèle dans la nature basique du sel.

Les matières albuminoïdes contenant du soufre et du phosphore, brûlent dans le corps, leur soufre se transforme en acide sulfurique, leur phosphore en acide phos-

phorique. Les acides nouvellement formés se combinent avec des alcalis, et à cette source de chaleur s'ajoute une seconde, quand l'acide phosphorique forme des sels basiques dans lesquels la soude et la potasse l'emportent par la quantité.

Tous les éléments histogènes organiques fournissent de l'acide carbonique au terme de leur combustion. Cet acide carbonique est absorbé en partie par les liquides du corps, et produit aussi de la chaleur.

L'humectation des éléments anatomiques solides, l'imbibition des tissus par de l'eau et des solutions aqueuses est un des phénomènes les plus continus qui se passent dans le corps. Tandis qu'il s'évapore de l'eau par la membrane extérieure de l'œil, les parties intérieures de l'œil en soutirent constamment au sang. A son tour cette eau parvient aux membranes extérieures, à la cornée transparente et à la cornée opaque.

L'humectation est toujours suivie d'un développement de chaleur. La partie qui s'humecte condense l'eau dans ses pores. Pendant que cette condensation s'opère il se dégage de la chaleur (Pouillet et Regnault).

Presque tous les mouvements infiniment petits qui se produisent dans le corps sont des sources de chaleur. Nous pouvons donc rapporter la chaleur animale à des phénomènes matériels. Nous sommes en état d'expliquer de la même manière celle des plantes.

Les plantes aussi ont leur chaleur propre, seulement elle échappe à l'observation parce que les plantes en perdent une grande partie par l'évaporation.

Il ne manque à la plante aucune des sources de chaleur que nous avons indiquées plus haut. Il se fait aussi une combustion dans la plante quand on voit apparaître

l'acide carbonique comme dernier terme de la décomposition. Des acides se combinent avec des bases, des sels neutres se changent en sels basiques, il y a de l'acide carbonique absorbé, et l'eau qui monte dans les racines se condense.

Mais à toutes ces sources de chaleur il s'en ajoute encore une très-considérable, la condensation du carbone. Tout le monde sait qu'il se dégage de la chaleur quand la vapeur d'eau se change en eau liquide, tombant par gouttes, et encore quand l'eau se change en glace. L'acide carbonique n'est l'aliment principal des végétaux que parce que son carbone entre dans la composition de leurs parties constitutives les plus répandues, parce qu'il prend la forme solide pour former de la cellulose, de la matière subéreuse, du sucre, du ligneux, de l'amidon et de la cire. Au fond de cette solidification, il y a le phénomène de condensation d'un corps gazeux. L'acide carbonique gazeux et l'eau liquide se condensent sous forme de cellulose et d'amidon.

Il n'est pas douteux que cette condensation ne constitue dans les plantes une source de chaleur bien plus importante que la combustion. C'est elle qui produit la plus grande partie de la chaleur dans les végétaux, comme la combustion dans l'animal. Cette comparaison nous fait voir toute son importance, puisque l'activité vitale du végétal est fondée sur le phénomène contraire de la combustion, sur la déperdition d'oxygène.

Ainsi donc la chaleur est partout la conséquence de la vie, dans les plantes aussi bien que dans les animaux; elle est un résultat de cette activité qui est le ressort indispensable de toute vie organique. La cha-

leur est une conséquence et un signe de l'échange de la matière.

En conséquence la chaleur propre des plantes et des animaux a pour nous une importance inappréciable. Aussi nous ne devons guère nous étonner de rencontrer encore sur ce point cette tendance qui porte à parquer tous les grands mouvements des phénomènes vitaux dans les limites d'une finalité bonne pour des esprits sans portée. Il y a des physiologistes qui parlent d'un instrument de la destruction, d'un organe qui fabrique les corpuscules du sang; d'autres appellent les vaisseaux qui contiennent les produits de la décomposition des éléments histogènes (*les vaisseaux lymphatiques*) du nom de *canaux de décharge de la crasse du corps.* D'autres encore disent que les vaisseaux chylifères sont disposés à cette seule fin d'absorber la graisse dans l'intestin. C'est par l'effet de cette tendance d'esprit qui, non contente d'étudier ce qui se passe ici-bas, ne considère pas les choses pour l'amour d'elles, et ne cherche pas à les expliquer par elles-mêmes, que Liebig appelle le corps de l'animal un appareil de production de chaleur (1).

Pour faire pendant à sa classification des principes alimentaires en respiratoires et en nutritifs, Liebig les divise encore en deux catégories : les unes produisent la chaleur, les autres forment les tissus. « *La nature,* dit Liebig, *a destiné les aliments non azotés à l'entretien de la chaleur* (1). » D'après lui, « *l'observation la plus » superficielle fait reconnaître que les éléments des sub- » stances alimentaires plastiques (azotées) ne peuvent » prendre qu'une part très-secondaire à la production de*

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 490.

» *la quantité de chaleur qui se manifeste journelle-* » *ment* (1). »

Certes il n'est pas besoin d'avoir des connaissances profondes pour apercevoir que la cloison que Liebig a élevée entre ses classes afin de les séparer l'une de l'autre, est percée partout. Faire dépendre à tout jamais, comme Liebig, l'acide carbonique expiré et l'eau éliminée des graisses et des adipogènes, tandis qu'il est prouvé que les corps albumineux donnent aussi de l'eau et de l'acide carbonique outre l'urée, c'est plus qu'une erreur, c'est tout le contraire de la vérité. De même quand Liebig prend pour mesure exclusive de la chaleur produite, l'acide carbonique et l'eau que nous éliminons, tandis que la formation des tissus et la production de l'urée donnent aussi bien la mesure de cette chaleur, c'est qu'il ne voit qu'un côté de la question. L'albumine ne peut pas se transformer en substance réductible en colle, ni celle-ci en urée sans qu'il se dégage de la chaleur. Il ne s'agit pas du tout ici d'une simple différence de temps (2), mais il s'agit tout aussi essentiellement d'une différence de matière.

On ne peut assez le répéter, ni l'oxygène que nous inspirons (3), ni l'acide carbonique que nous expirons (4) ne mesurent complétement la source de chaleur du corps de l'animal. Ils ne la mesureraient pas même lorsqu'on voudrait admettre comme Liebig que « *le* » *problème de l'origine de la chaleur animale est résolu*

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 479.
(2) Id., *ibid.*, 397.
(3) Id., *ibid.*, 479.
(4) Id., *ibid.*, 397.

» *d'une manière satisfaisante par la combustion qui s'opère* » *dans le corps* (1). » L'oxygène employé et l'acide carbonique produit, correspondent à des quantités de chaleur très-différentes, suivant que c'est du sucre ou de la graisse, de l'albumine ou de la gélatine qui forment de l'acide carbonique et de l'eau en s'unissant à l'oxygène.

J'ai dit que la cloison que Liebig a élevée entre les classes, était percée. Ne l'est-elle pas, en effet, du moment que Liebig lui-même attribue au moins une part secondaire dans la calorification aux substances alimentaires azotées, tout en les opposant aux aliments calorifiques (2)?

Dans une classification il ne faut pas que la même matière puisse être classée dans deux divisions différentes. C'est une des règles les plus élémentaires de la logique. Liebig manque à cette règle. Qu'il ne compte pas avoir réparé, ni réparer jamais son erreur, en avouant que bien que la viande soit un aliment nutritif, elle est en même temps un aliment respiratoire quoique mauvais! Il faut qu'il laisse tomber sa classification et avec elle des dénominations dépourvues de sens, et si quelques-uns de ses élèves cherchent à justifier l'emploi de ces dénominations, parce que d'après un antique usage on choisit les noms d'après les propriétés principales, il suffit de leur répondre qu'il n'était vraiment plus besoin de dénomination depuis que Prout avait mis la science dans la bonne voie. Mais on a mieux aimé faire sonner bruyamment ce qu'il y a d'ingénieux dans la classification, on a voulu y voir une vérité profonde,

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 437.
(2) Id., *ibid.*, 479.

c'est ce qu'ont fait quelques personnes à la manière des écoliers, même après qu'elles se furent aperçues que la classification n'avait aucune valeur comme classification. En effet elle n'est ni complète, ni exclusive.

D'après Liebig « les éléments combustibles des substances alimentaires azotées ne suffisent pas, à beaucoup près, à changer en acide carbonique et en eau » l'oxygène qui a passé dans le sang. » Très-bien! En résulte-t-il qu'ils ne produisent ni acide carbonique, ni eau? C'est encore le même raisonnement qu'il faisait à propos des matières organiques du terreau : ces matières organiques ne suffisent pas à donner aux plantes leur carbone, donc les plantes ne les absorbent pas (1).

« De toutes les substances organiques les parties » constitutives plastiques (azotées) des aliments sont » celles qui possèdent la propriété de la combustion et » de la calorification au plus faible degré » (2); cette proposition de Liebig n'est pas soutenable. Les substances azotées sont si peu combustibles qu'elles ont besoin de beaucoup d'oxygène pour brûler réellement. Mais si elles en viennent à absorber beaucoup d'oxygène, le dégagement de chaleur qu'elles produisent n'est pas moindre que celui de la graisse ou du sucre. Les carnivores ne sont pas du tout au-dessous des herbivores, si l'on compare la chaleur propre des uns avec celle des autres (3). Or, les recherches classiques

(1) Jac. Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und Thieren*, 60, 61.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 480.

(3) Voyez le riche tableau de mesures de la chaleur prises sur des mammifères, dans Tiedemann, *Physiologie des Menschen*, Darmstadt, 1830, I, 454, 459.

de Dulong et Despretz, de Regnault et Reiset nous ont appris que pour un poids égal d'acide carbonique expiré, les carnivores consomment beaucoup plus d'oxygène que les herbivores (1).

Bien que les carnivores consomment une plus grande quantité d'oxygène, ils ne dégagent pas plus de chaleur que les herbivores, parce que les produits de la combustion des corps albuminoïdes, l'urée, l'acide carbonique et l'eau ont fourni, en prenant naissance, moins de chaleur de combustion. Les carnivores, qui ne prennent qu'une alimentation moins combustible, ne produisent pas malgré cela moins de chaleur que les herbivores, parce que le défaut de combustibilité est compensé par l'emploi d'une plus grande quantité d'oxygène.

Combien de fois faudra-t-il raconter encore l'histoire de Galilée, faisant élever l'eau dans un espace vide d'air afin de le combler avant de faire disparaître de la science ces idées téléologiques et les fausses classifications qu'elles traînent à leur suite? J'ai considéré comme un devoir de combattre par tous les moyens la classification que Liebig fait des aliments en substances calorifiques et nutritives, parce qu'il ne s'agit pas ici d'une simple manière de voir absolument dépourvue d'importance pour la science, mais d'une conception absurde, qui trouble et défigure le fond même des idées de nutrition, de respiration et de chaleur animale. Je ne cesserai pas de combattre les dénominations dépourvues de sens d'éléments respiratoires et d'aliments nutritifs, tant que Liebig s'en servira en

(1) Donders, *Holländische Beiträge von van Deen, Donders und Moleschott*, I, 272, 273.

se mettant en contradiction avec lui-même, et tant qu'il trouvera des disciples empressés à copier son exemple.

Dans la comparaison du corps d'un animal avec un fourneau (1) dont les combustibles seraient les aliments, il y a quelque chose qui cloche, et de plus, si on la prend au pied de la lettre, elle est absurde. Dans l'animal le corps entier brûle peu à peu; le fourneau, au contraire, ne brûle pas. Dans le fourneau il n'y a que les combustibles qui brûlent. Dans l'animal la nourriture brûle et la paroi qui l'enferme brûle aussi. La chaleur du fourneau ne sert pas de mesure à son activité, le fourneau est un récipient sans vie. Au contraire, l'échange de la matière qui maintient la vie, dans lequel toute la vie se résume, se mesure en grande partie par la chaleur animale.

La chaleur n'est pas seulement un résultat, elle est aussi dans certaines limites une mesure de la vie.

Chez les hommes et les animaux qui jeûnent il se fait un échange de matière tant que dure la vie. En effet, jusqu'à ce que la mort par inanition survienne, il y a de l'oxygène absorbé, et cet oxygène brûle les tissus et les réduit à l'état de matières excrémentitielles. Il y a de l'oxygène échangé contre de l'acide carbonique, de l'eau et de l'urée, mais seulement de l'oxygène, pas d'aliments. En conséquence la sanguification s'arrête, la métamorphose du sang en tissus traîne en longueur, et la désassimilation se ralentit. Les hommes tourmentés par la faim expirent moins d'acide carbonique, de même qu'ils expulsent moins d'urée. Un homme qui jeûne n'élimine pas une plus grande quantité d'urée que n'en pourrait fournir dans le même temps un

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 399, 400.

homme qui ne prendrait qu'une nourriture non azotée (Frerichs) (1). L'échange est ralenti, et comme la chaleur est une conséquence de l'échange des matières, elle diminue. Chez les mammifères et les oiseaux qui meurent de faim, la chaleur est abaissée de plus de 16 degrés au moment de la mort (Chossat).

Dans la nuit, par un sommeil calme, il doit y avoir moins de substances éliminées que par une journée passée au travail. C'est dans le repos et à minuit qu'il se produit le moins de chaleur. La température suit le mouvement de l'échange des matières.

Une bonne alimentation et un travail actif sont le contraire de la faim et du repos. Une souris rayonne beaucoup plus de chaleur qu'un gros animal, parce qu'en proportion la surface de son corps est plus grande que son contenu. D'après les mesures prises par Pallas et Hunter, la température du corps de la souris ne le cède pas à celle de l'homme (2), par la raison que la souris consomme, pour le même poids du corps et dans le même temps, presque huit fois autant de nourriture que l'homme (3). Une nourriture abondante rend ce petit corps capable de réparer ses pertes en produisant plus de chaleur.

D'après Davy, un mouvement continu élève la chaleur du corps, de même que d'après Vierordt, Lassaigne et Gerlach, elle augmente la quantité d'acide carbonique éliminé. Et lorsque von Baerensprung nous apprend que

(1) Frerichs, art. Digestion, *Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, 663.

(2) Voyez t. II, p. 14, note 3.

(3) Cf. Valentin, *Grundriss der Physiologie des Menschen*, 3te Aufl. Braunschweig, 1850, 373.

le maximum de la chaleur se montre dans le corps humain à onze heures du matin (1), il nous fait penser avec raison à la vivacité plus grande que la fraîcheur du matin provoque dans les jeux bruyants des enfants et les actes des adultes.

La chaleur est en corrélation avec l'action du bras et celle du cerveau. Helmholtz nous a fait connaître que la chaleur des petits muscles même de la grenouille augmente pendant qu'ils se contractent, et qu'on peut mesurer cette augmentation bien qu'elle ne soit pas tout à fait d'un cinquième de degré. D'après Davy (2), l'acte de penser élève la chaleur, et tout le monde sait qu'il éveille la faim. Dans les veilles prolongées pendant lesquelles le cerveau du savant enfante ce que ses sens ont conçu pendant le jour, une faim intempestive le surprend et le force à reconnaître dans la pensée un mouvement de la matière.

Le mouvement corporel ne doit pas dépasser une certaine mesure, autrement il embarrasse la respiration. Aussi d'après Nasse la chaleur est-elle alors moins élevée (3), et si le mouvement est passif comme, par exemple, quand on va en voiture, la chaleur doit s'abaisser un peu (Davy). Quand on va en voiture, la perte de chaleur s'accroît, parce que les couches d'air qui touchent le corps se renouvellent rapidement.

En général, les oiseaux produisent plus de chaleur que les mammifères, et ceux-ci plus que les batraciens

(1) Von Baerensprung, *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1851, 160, 162.

(2) Voyez t. II, p. 2, note 2.

(3) Hermann Nasse, art. CHALEUR ANIMALE, *Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, 54.

et les poissons. La tanche n'expire, pour le même poids de son corps et dans le même temps, que le quart de l'acide carbonique qu'exhalent les grenouilles. D'après les nombreuses recherches que j'ai faites avec Schelske, la quantité d'acide carbonique, que les salamandres et les grenouilles éliminent, ne s'élève qu'au quart, aux deux tiers au plus de celle que rend l'homme (1), et le pigeon en rend presque neuf fois plus que l'homme.

Il y a une maladie caractérisée par le passage du sucre dans l'urine; on l'appelle diabète sucré. Dans cette maladie, la chaleur du corps est diminuée (Bouchardat) (2). Une série de faits tend à faire considérer le sucre de l'urine comme un produit de désassimilation qui s'est arrêté à un des degrés inférieurs de combustion (3).

Partout nous constatons l'accord de la chaleur et de

(1) Moleschott et Schelske, *Vergleichende Untersuchungrn über die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure und die Lebergrösse bei nahe verwandten Thieren*, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, Herausg. von Jac. Moleschott, I, 12. Quand on prend comme unité l'acide carbonique expiré par l'homme, sous le même poids et dans le même temps, on obtient pour :

Bufo cinereus. . . .	0,25
Rana esculenta . . .	0,37
Bufo calamita . . .	0,37
Hyla arborea	0,39
Triton cristatus. . .	0,63
Rana temporaria . .	0,69

(2) Bouchardat, *Comptes rendus*, t. XXXIII, 543.

(3) Bernard, *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. XIX, 315, 328.

l'échange des matières, c'est pour cela que j'ai dit que la chaleur était une mesure de la vie.

Mais cette expression prise au pied de la lettre n'a de valeur que lorsqu'on considère la quantité de chaleur produite, la vraie chaleur animale. Elle cesse d'être vraie si nous prenons pour point de départ la température du corps. La vraie chaleur animale est celle que le corps produit. La température, et par malheur nous ne connaissons qu'elle, est la résultante de la chaleur produite et de la chaleur perdue.

Aussi n'y a-t-il aucun rapport simple et direct entre la température et la rapidité de l'échange des matières, si nous comparons ensemble ces deux grandeurs avec une rigueur mathématique.

Si le corps ne perdait point de chaleur, nous pourrions considérer la chaleur animale comme la différence entre la température des animaux ou des plantes et celle de l'air ou de l'eau dans lesquels ils vivent.

Mais les plantes et les animaux perdent continuellement de la chaleur par le rayonnement et l'évaporation, par la dissolution de diverses substances et les variations de l'atmosphère. Toutes les fois qu'un sel se dissout dans les liquides du corps, une certaine quantité de chaleur, qui s'élève à mesure qu'il faut plus d'eau pour produire la dissolution, passe à l'état latent (Person) (1).

Une ondée exerce une action doublement réfrigérante sur les végétaux. D'abord parce que l'eau qui pénètre dans la plante en dilue les solutions salines, ensuite parce qu'elle augmente l'évaporation à la surface. Au contraire, les parois des cellules en s'humec-

(1) Person, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXIII, 464.

tant condensent de l'eau et, par conséquent, dégagent un peu de chaleur.

Si un être vivant perd plus de chaleur qu'il n'en produit, sa température peut tomber au-dessous de celle des milieux ambiants, au-dessous de celle de l'air et de l'eau. Nous n'avons pas le droit d'en conclure que la chaleur propre manque. Les plantes et les batraciens, à cause de l'évaporation puissante qui se fait à leur surface, sont souvent plus froids que l'air ambiant. Supprimons cette évaporation en plaçant la plante ou la grenouille dans un espace saturé de vapeur d'eau, et nous voyons que leur température s'élève au-dessus de celle de l'air (Dutrochet). Cet excès est dégagé par la plante et par la grenouille.

Une diminution dans l'évaporation en amène une dans la perte de chaleur. On sait qu'une solution saline s'évapore moins vite que l'eau pure, à cause de l'affinité du sel pour l'eau. L'équipage révolté du capitaine Bligh l'ayant abandonné sur mer, dans un petit bateau, en compagnie de dix-huit hommes qui lui étaient restés fidèles, ce malheureux ne trouva pas d'autre moyen de se réchauffer, lui et les siens, que de plonger dans l'eau de mer ses habits traversés par la pluie, et de les exprimer ensuite; de sorte qu'au lieu d'eau de pluie les vêtements contenaient de l'eau de mer. En premier lieu ce moyen diminuait l'évaporation, et ensuite le sel excitant la peau, le sang coulait en elle avec plus d'abondance, et ces pauvres gens abandonnés ressentaient une impression semblable à celle que produisent des vêtements secs (1).

Quand la déperdition de chaleur diminue plus vite

(1) Georg Forster, *Sämmtl. Schriften*, V, 368.

que la production, il peut se faire qu'avec un échange matériel plus lent la température s'élève plus qu'on ne devrait s'y attendre si la mesure de la vie était la température et non la chaleur propre.

C'est ce rapport qui explique de la façon la plus naturelle le résultat relevé par von Baerensprung, que la chaleur des vieillards surpasse celle des adultes (1). L'échange de matière baisse dans la vieillesse, et sans doute les recettes diminuent encore plus que les dépenses. Mais la peau est plus sèche, elle ne permet qu'une évaporation moindre, aussi la perte de chaleur est-elle encore plus ralentie que la combustion.

On peut expliquer de même les cas, où l'on a observé chez les femmes une chaleur plus élevée que chez les hommes. L'échange des matières et tout particulièrement la respiration déploient beaucoup moins d'activité que chez l'homme. Comme conséquence de ce fait, Nasse a pu trouver que la chaleur des femmes était plus petite que celle des hommes. Au contraire, von Baerensprung a trouvé une petite différence en faveur des femmes. On ne peut douter que cela ne vienne de ce qu'elles subissaient une déperdition de chaleur moindre. Les femmes expirent moins et perdent moins d'urine que les hommes en vingt-quatre heures, elles éliminent donc moins d'eau chauffée préalablement à 37 degrés par leur corps. De plus le coussinet de graisse, qui d'ordinaire couvre le corps des femmes, est un mauvais conducteur de la chaleur et protége les parties situées sous la peau contre la déperdition trop rapide qu'entraînerait le rayonnement.

(1) Von Baerensprung, *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrg. 1851, 154.

Pour un même poids du corps les enfants expirent plus d'acide carbonique que les adultes; il s'en suit que chez eux, dans un temps donné, une plus grande quantité de substance est ramenée à ce dernier terme par la combustion. En outre, un enfant ne grandit que parce que la nourriture qu'il prend surpasse en quantité la déperdition. Mais ce qu'on appelle la nutrition au sens rigoureux du mot, c'est-à-dire la genèse des tissus, a pour cause une combustion des matériaux du sang. La production de chaleur augmente donc dans l'enfant par une double raison. Aussi est-il plus chaud que l'adulte, bien que son petit corps, par rapport à sa masse, rayonne plus de chaleur que celui de l'adulte. On ne peut pas démontrer d'une manière plus frappante que la température d'un corps n'est pas une mesure rigoureuse et simple de l'échange des matières. D'après von Baerensprung, les enfants et les vieillards qui, si l'on considère l'activité de l'échange matériel qui s'opère en chacun d'eux, sont placés aux extrémités opposées, présentent une grande analogie par rapport à la chaleur du corps. Les uns et les autres en ont plus que les adultes. Mais tandis que chez le vieillard la déperdition diminue encore plus que la production, chez l'enfant, au contraire, la calorification est plus élevée que la perte occasionnée par le rayonnement.

Si de petits animaux, des moineaux, des verdiers, ont autant de chaleur que des pigeons et des faucons (Pallas) (1), quoiqu'ils en perdent plus que les derniers, il est évident qu'ils doivent en produire davantage sous la même proportion. Le beau travail de Regnault et

(1) Tiedemann, *Physiologie des Menschen*, I, 462, 463.

Reiset nous a appris que les moineaux et les verdiers consomment en respirant dix fois plus d'oxygène que les poules. La chaleur du lézard, malgré son petit corps et la surface plus grande qu'il présente, est beaucoup plus considérable que celle de la grenouille, suivant les mesures de Rudolphi et Czermak (1). Il ne faut pas nous en étonner; en effet, nous voyons dans le travail des savants français que j'ai cités, que le lézard plus agile consomme, pour un poids égal de son corps, deux et même trois fois plus d'oxygène que la grenouille plus paresseuse (2).

Jusqu'ici nous avons appris à connaître trois des causes de déperdition de chaleur, qui, combinées avec la source calorifique, produisent non pas la chaleur propre dégagée dans le corps, mais la température, c'est-à-dire une donnée qu'on constate d'une façon directe. Ces trois causes sont l'évaporation, le rayonnement et la dissolution dans l'eau. Il faut leur en ajouter encore une, la décomposition, et en particulier la décomposition que nous devons considérer comme l'opposé de la combustion, c'est-à-dire l'appauvrissement en oxygène.

Tout récemment les expériences de Thomas Woods ont démontré que la décomposition d'un corps s'accompagne d'une déperdition de chaleur égale à celle que produit la combinaison des éléments de ce même corps (3).

(1) Tiedemann, *Physiologie des Menschen*, 468, 472, 473.

(2) Regnault et Reiset, *Annalen von Liebig und Woehler*, LXXIII, 298.

(3) Thomas Woods, *Philosophical Magazine*, oct. 1851, 269-273.

Les adipogènes se changent en graisse en éliminant de l'oxygène. Quand l'amidon ou le sucre passent à l'état d'acide butyrique, et l'acide butyrique à celui d'acide oléique, leur oxygène diminue; et pendant que s'opère cette décomposition à la suite de laquelle nous trouvons dans le canal intestinal de l'acide carbonique et de l'hydrogène, il se perd justement autant de chaleur qu'il s'en produit pendant la combustion correspondante.

La déperdition d'oxygène est encore le caractère essentiel de la métamorphose de l'acide carbonique et de l'eau en cellulose et en amidon, de la formation du bois et de l'écorce, de la graisse et de la cire dans la plante.

La production de la graisse dans le corps de l'animal et la formation des éléments les plus généralement répandus dans le monde végétal sont donc, par rapport à la chaleur, précisément le contraire de la combustion, de même que le développement est le contraire de la décomposition. La matière s'organise en perdant l'oxygène, et donne ainsi une perte de chaleur. D'autre part, la décomposition, la combustion et la calorification marchent parallèlement.

L'acide butyrique contient beaucoup plus d'oxygène, par rapport au carbone et à l'hydrogène, que l'acide oléique. Donc il est évident que l'acide butyrique a besoin d'absorber moins d'oxygène que l'acide oléique pour se résoudre en acide carbonique et en eau. Il en résulte que lorsque l'acide butyrique fournit juste autant d'acide carbonique et d'eau qu'un poids correspondant d'acide oléique, la combustion de l'acide oléique doit produire plus de chaleur que celle de l'acide butyrique.

Au contraire, il y a moins de chaleur perdue quand

le sucre se change seulement en acide butyrique, que lorsque la déperdition d'oxygène est poussée jusqu'à la formation d'acide margarique ou d'acide stéarique, qui contiennent l'un et l'autre bien moins d'oxygène que l'acide butyrique.

Il y a tant de causes qui agissent ensemble pour produire ou enlever de la chaleur, qu'il ne peut être raisonnablement question de calculer avec exactitude la part qui revient à chacun des termes de la série. Pour déterminer combien il y a eu de chaleur produite dans un animal, il ne suffit pas de savoir combien il y a d'oxygène absorbé, combien d'acide carbonique, d'eau et d'urée excrétés, mais il faudrait savoir aussi de quelle matière l'eau, l'acide carbonique et l'urée ont tiré leur origine, combien d'albumine s'est transformée en tissus, combien de sels se sont formés dans le corps, et quels ils sont, combien il s'est condensé d'eau et combien il s'est dissous d'acide carbonique dans les liquides de l'économie.

Et enfin si nous étions maîtres de tous ces faits, nous ne pourrions en déduire d'une manière satisfaisante la température dans un cas donné, que sous la condition de déterminer les diverses pertes aussi bien que les origines de la chaleur. Il nous faudrait connaître la somme de chaleur que le rayonnement, l'évaporation, le renouvellement de l'air, la dissolution et la décomposition enlèvent aux corps. Mais avant tout il faudrait connaître quelle quantité de chaleur s'est consommée, en se transformant en force vive pour produire du travail. En effet, le mouvement augmente d'une manière étonnante la quantité d'acide carbonique, sans que la chaleur monte au degré qui correspond à cette quantité. Ce déchet ne provient pas seulement de ce

que l'évaporation, dont le mouvement est l'occasion, dissimule une certaine chaleur, mais surtout de ce qu'une partie de la chaleur, qu'on n'a pu jusqu'ici apprécier complétement, disparaît comme chaleur et se manifeste comme travail (1).

Dans le corps de l'animal, l'amidon se change en dextrine, la dextrine en sucre; cette dernière transformation a pour cause une combinaison de la dextrine avec de l'eau. Le sucre se décompose en acide lactique, celui-ci en acide butyrique, acide carbonique et hydrogène. Peu à peu l'acide butyrique se change dans le corps humain en acide oléique et en acide margarique (2). Mais ces acides gras contiennent moins d'oxygène que l'acide butyrique, et l'acide butyrique encore moins que l'acide lactique. Donc, quand dans le corps humain la graisse prend naissance aux dépens de l'amidon, il se fait une absorption d'eau jusqu'à la formation du sucre, c'est-à-dire une combinaison chimique, une cause de chaleur; à partir de la formation de l'acide butyrique, la déperdition d'oxygène devient le caractère de la série des phénomènes, l'acide butyrique contient plus d'oxygène que l'acide margarique, celui-ci plus encore que l'acide oléique. La naissance de ces acides est donc accompagnée d'une perte de chaleur. D'autre part, ces mêmes acides brûlent plus tard

(1) Helmholtz, *Uber die Wechselwirkung der Naturkräfte*, Königsberg, 1854, 20, 21.

(2) Collet a fait voir que l'acide palmitique, que Heintz avait décrit plus exactement, est identique avec l'acide margarique, et par conséquent il a réhabilité l'étude classique que Chevreul avait faite de ce corps. Voy. Strecker, *das Chemische Laboratorium der Universität Christiania*, Universitätsprogramm, 1854, 86, 88.

peu à peu pour se réduire à l'état d'acide carbonique et d'eau. Comment pourrait-on, dans ce cas, songer à un calcul qui supposerait connues la quantité d'amidon changée en sucre, et la quantité de sucre changée en graisse? Comment pourrait-on déterminer, dans chaque cas, à quelle quantité de chaque acide gras le sucre a donné naissance, et quelle quantité de chacun de ces acides s'est brûlée pour former de l'acide carbonique et de l'eau? Pourtant toutes ces données, que nous ne pouvons supputer, nous seraient indispensables pour déterminer dans quelle mesure une *seule* série de phénomènes matériels concourt à produire la température du corps.

Ainsi donc les expériences de Dulong et Despretz tendant à déterminer la quantité de chaleur que peut produire dans le corps d'un animal la formation de l'acide carbonique et de l'eau, sont bien loin d'avoir « *résolu d'une manière satisfaisante le problème de l'origine* » *de la chaleur animale* (1). » Au contraire, au point de vue actuel de nos connaissances, nous devrions refuser toute confiance à ces expériences, si elles avaient enseigné qu'il faut regarder la chaleur développée dans un animal comme une simple chaleur de combustion.

Nous sommes en présence d'un de ces nombreux cas, où l'échange vital ne peut être mis sous forme de chiffres. Cela ne veut pas dire que les phénomènes de la vie n'aient rien de commun avec les lois de la mécanique, ou que, dans les corps vivants, la matière se soustraie aux lois du calcul et des pesées. Mais nous avons à tenir compte de tant de quantités variables dont on ne peut pas déterminer rigoureusement, dans un cas donné, l'ac-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 437.

croissement ou la diminution, qu'il nous faut renoncer à calculer avec précision les produits définitifs. Nous pouvons pousser le calcul jusqu'à ce que la température nous apparaisse comme une résultante de phénomènes matériels, qu'il faut déduire de la production et de la déperdition. Cela sauvegarde le principe du calcul. Nous pourrions réussir parfaitement si nous étions en état de fixer toutes les données qui se perdent dans le cours de la vie. Je ne sais pas quelle quantité d'amidon devient dans l'animal de l'acide butyrique, je ne puis donc pas déterminer l'influence que ce phénomène exerce sur la chaleur, pas plus que je ne puis trouver la hauteur d'une tour quand je ne sais à quelle distance elle est de la place que j'occupe. Dans les deux cas, le calcul est possible en idée, il n'échoue que contre les difficultés extrinsèques qui s'opposent à l'application. C'est une des conquêtes les plus considérables de la physiologie, que d'avoir reconnu les limites que nous opposent ces obstacles insurmontables. Elle nous prémunit contre le caprice des formules mathématiques. Les formules ne donnent à nos connaissances le sérieux et la certitude des sciences exactes que lorsque leurs termes reproduisent fidèlement les phénomènes flottants de la vie (1).

(1) Dans le traité classique de Regnault et Reiset sur la respiration des animaux appartenant aux diverses classes, les pensées, que je développe ici, sont exprimées d'une manière si claire et si décisive, que je ne puis m'empêcher de citer le passage en question dans toute son étendue. « Nous ne doutons pas que la chaleur animale ne soit produite entièrement par les réactions chimiques qui se passent dans l'économie ; mais nous pensons que le phénomène est beaucoup trop complexe pour qu'il soit possible de le calculer d'après la quantité d'oxygène consommée. Les substances qui se brûlent par la respira-

Si nous voulions comprendre les causes de la température du corps humain dans une formule, nous obtiendrions une expression très-complexe formée de gran-

tion sont formées en général de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, souvent en proportion considérable ; lorsqu'elles se détruisent complétement par la respiration, l'oxygène qu'elles renferment contribue à la formation de l'eau et de l'acide carbonique, et la chaleur qui se dégage alors est nécessairement bien différente de celle que produiraient, en se brûlant, le carbone et l'hydrogène supposés libres. Ces substances ne se détruisent d'ailleurs pas complétemant, une portion se transforme en d'autres substances qui jouent des rôles spéciaux dans l'économie animale, ou qui s'échappent dans les excrétions à l'état de matières très-oxydées (urée, acide urique). Or, dans toutes ces transformations et dans les assimilations de substances qui ont lieu dans les organes, il y a dégagement ou absorption de chaleur; mais les phénomènes sont évidemment tellement complexes, qu'il est peu probable quo l'on parvienne jamais à les soumettre au calcul. »

« C'est donc par une coïncidence fortuite que les quantités de chaleur dégagées par un animal se sont trouvées dans les expériences de Lavoisier, de Dulong et de M. Despretz à peu près égales à celles que donneraient en brûlant le carbone contenu dsns l'acide carbonique produit, et l'hydrogène dont on détermine la quantité par une hypothèse bien grstuite, en admettant que la portion de l'oxygène consommée qui ne se retrouve pas dans l'acide carbonique a servi à transformer cet hydrogène en eau. On ne peut pas s'appuyer sur les données numériques des expériences que nous venons de citer, car il n'est pas douteux que les quantités d'acide carbonique ont été trouvées beaucoup trop petites. *Dans nos expériences, nous trouvons souvent, notamment pour les poules soumises à leur régime habituel du grain, plus d'oxygène dans l'acide carbonique dégagé que nous n'en avons fourni à la respiration. Ce fait seul démontre l'inexactitude de ces hypothèses et nous dispense de les discuter plus longuement.* » (*Annales de chimie et de pharmacie*, 3e série, t. XXVI, 513, 514.)

deurs toutes variables. C'est ce qui nous permet de dire que la chaleur s'élève avec l'énergie de l'échange des matières, et tombe quand l'évaporation et le rayonnement augmentent, sans que la température marche de front avec l'un des phénomènes, quel qu'il soit, qui composent et dirigent l'échange des matières. Aussi la chaleur n'est-elle pas une mesure absolue pour la nutrition, ni pour la respiration, ni pour le repos, ni pour le mouvement; elle ne garde de rapport constant ni avec le jour, ni avec la nuit, ni avec l'été, ni avec l'hiver, ni avec l'âge, ni avec le sexe. Et cependant elle dépend de chacun de ces termes d'après des lois fixes. Ainsi, il arrive que quoique des mammifères aient une respiration bien moins active que beaucoup d'oiseaux de même grandeur, leur chaleur propre ne présente pas la même différence (1). La température ne pourrait donc correspondre rigoureusement à l'énergie de la respiration que si tous les autres rapports étaient tout à fait égaux.

Chez les animaux qui perdent plus de chaleur qu'ils n'en produisent, la température peut s'abaisser au-dessous de celle des milieux ambiants comme nous l'avons déjà vu. Cependant, ce qui distingue deux classes d'animaux, les oiseaux et les mammifères, et parmi ces derniers, l'homme, c'est que leur température oscille entre des limites très-étroites et paraît presque entièrement indépendante de la chaleur du dehors. En conséquence, on a dit que l'homme, les mammifères et les oiseaux se distinguaient des batraciens et des poissons par une température constante. Et comme la

(1) Nasse, art. CHALEUR ANIMALE, *Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie*, 95.

température des premiers s'abaisse à peine, malgré le froid le plus vif, pourvu qu'ils restent en mouvement, on a opposé les mammifères et les oiseaux aux batraciens et aux poissons en les appelant animaux à sang chaud.

La constance de la chaleur du corps vivant, dans l'homme, les mammifères et les oiseaux, est positivement un des phénomènes les plus remarquables que nous trouvions dans la science de la vie. Il est évident qu'elle ne peut être que le résultat d'un certain équilibre entre la production et la perte de chaleur.

Si d'une part, en hiver, on perd plus de chaleur rayonnante qu'en été, d'autre part, dans la froide saison, la déperdition occasionnée par l'évaporation devient d'autant plus petite, et l'activité plus grande de l'échange des matières produit plus de chaleur. En été, l'air ambiant étant plus chaud, il s'évapore plus d'eau par la peau ; mais cet effet se produit encore plus facilement parce que les capillaires de la peau se dilatent par la chaleur, de sorte qu'elle est abreuvée par une plus grande quantité de sang. Plus la peau est humide, plus elle laisse de vapeur d'eau se dégager dans l'air par une température chaude (1).

Au commencement de ma quatrième lettre, j'ai fait mention d'un moyen que les noirs qui habitent les montagnes de la Guinée, emploient pour rafraîchir l'air. Ils cultivent à la porte de leurs maisons une plante (*Pistia stratiotes*, L.) qui fait évaporer une grande

(1) Voyez Donders, *Der Stoffwechsel als die Quelle der Eigenwärme bei Pflanzen und Thieren*, Wiesbaden, 1847. C'est un excellent traité qui mérite d'être lu par les physiologistes comme par les gens du monde.

quantité d'eau. En Pensylvanie, les moissonneurs et les charbonniers emploient leur propre corps pour opérer cette évaporation. Ils boivent chaque jour une telle quantité de liquide que le poids de l'eau que leur peau élimine en vingt-quatre heures peut monter à un sixième et même à un cinquième du poids total de leur corps (1).

L'eau qui quitte le corps par d'autres voies, par les reins et les poumons, est chauffée chez l'homme à 37 degrés; donc en sortant elle enlève au corps de la chaleur (2). De là, le besoin que l'homme éprouve, dans l'été comme après un travail fatigant, d'étancher largement sa soif.

Entre les moyens qui servent au corps à régler sa chaleur et se procurer une température à peu près constante, les aliments en général prennent une place extrêmement importante. Comme dans les zones froides et pendant l'hiver la respiration est plus active que dans un air chaud et étouffant, l'homme élabore plus d'aliments dans le Nord que dans le Sud. Et comme pour un même poids d'acide carbonique expiré, il y a plus d'oxygène consommé, si cet acide carbonique provient de la graisse et de l'albumine, que quand il se forme aux dépens du sucre et de l'amidon, plus aussi on consomme de viande grasse sous un air froid, tandis que pendant l'été nous nous contentons de fruits, de racines et de légumes où les adipogènes dominent. L'huile de baleine et le suif que mangent les Groënlandais et les Samoyèdes sont liés à leur calorification par un rapport aussi étroit que le riz et

(1) Nasse, *l. c.*, 77.
(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 402.

le millet le sont à celle des habitants des îles de l'océan Pacifique.

La nourriture, la respiration et la chaleur forment trois anneaux de la chaîne de la vie ; sans doute ils ne doivent pas toujours présenter rigoureusement la même intensité, mais leurs intensités ne peuvent s'écarter que très-peu sans qu'il se manifeste un dommage pour la vie.

Si l'habitant d'Otahiti voulait changer sa nourriture de tous les jours, le fruit de l'arbre à pain, contre de la viande de cochon, sa respiration ne pourrait pas suivre la digestion, au cas où cette dernière réussirait convenablement. Il y aurait un défaut de proportion entre la sanguification et le développement des tissus, entre l'absorption et l'élimination. Il en serait de même pour le Kamtschadale s'il voulait remplacer son régime de poisson par du riz, il ne pourrait produire la chaleur que son climat rend nécessaire. Voilà comment la nécessité s'impose à notre existence, et des esprits sans portée y découvrent des desseins souverainement sages. Mais la cause n'est jamais plus sage que la conséquence, et la conséquence ne peut être opposée à la finalité intime des liens étiologiques.

En finissant cette lettre, je puis le répéter sans crainte d'être mal compris : la chaleur propre du corps est le terme corrélatif de l'échange des matières. C'est pour cela que la diminution de la chaleur aux approches de la mort est un signe si terrible, et qu'elle s'éteint quand l'échange matériel cesse au moment de la mort. L'abaissement de la chaleur est le signe le plus certain de la paralysie des mouvements matériels qui constituent la substance de la vie. Un animal ne succombe pas par inanition avant d'avoir perdu quatre

dixièmes de son poids. A ce moment le thermomètre centigrade ne marque plus que les deux tiers de la température que l'animal présentait pendant la santé.

Inversement la chaleur est nécessaire à la vie sans être pour cela cause de la vie ; elle n'est qu'un moyen souverain de la mesurer, et une de ses conditions absolues, puisqu'elle ne peut s'abaisser au-dessous de certaines limites sans que l'échange des matières subisse des atteintes dangereuses pour la vie. Sans chaleur le mouvement de la matière n'est pas possible. Si l'on veut sauver des animaux menacés de mourir de faim, il faut, d'après Chossat, s'occuper avant tout de les réchauffer. En effet, si la chaleur est trop abaissée, la digestion s'arrête et avec elle la sanguification, la nutrition et l'élimination. L'échange des matières, qui règle la chaleur du corps, fait défaut. Il faut donc, à l'aide de moyens extérieurs, mettre le corps dans un état où le mouvement soit possible. Avec l'échange des matières reparaissent la chaleur et la vie.

QUINZIÈME LETTRE.

ÉVOLUTION GRADUELLE DE LA MATIÈRE.

Il y a dans toutes les branches du savoir humain une chose bizarre. Aujourd'hui, à l'aspect d'un nombre immense de faits coordonnés, une impression saisissante nous enivre de bonheur ; demain, nous sourirons avec dédain de ce produit suprême de la recherche scientifique, comme si nous l'avions toujours possédé, et que sa conquête n'eût rien coûté.

Le paysan qui nourrit son cheval avec l'avoine qu'il cultive lui-même, et qui incorpore sous forme d'engrais dans son champ les déjections de son cheval, connaît la circulation de la matière dans ses principes, aussi bien que le savant qui applique à la construction de la science de l'échange de la matière toutes ses facultés d'observation, et sa pensée nourrie par les faits. Gardons-nous de dédaigner la vérité générale qui résulte de la pratique du paysan, parce qu'on l'a perçue et découverte au moyen d'un procédé si simple.

Mais le paysan qui sait que son avoine tire sa substance du champ, de la pluie et de l'air, que son cheval

se trouve bien de manger de l'avoine et que le fumier fertilise la terre, ne voit pas ce qui se passe au fond des phénomènes, pas plus que l'homme d'État qui se contente de croire que Dieu gouverne le monde, ou que le savant qui consent à enseigner, que Dieu a octroyé à la moelle allongée une influence sur les battements du cœur. Les uns et les autres confient leur expérience et leur raison à une cause lointaine, sans se préoccuper des termes intermédiaires à travers lesquels la terre, l'avoine et le fumier arrivent à produire leur effet définitif. Cette méthode ne nous apprend pas s'il n'y aurait pas par hasard des forces incorporelles qui animeraient l'avoine et le cheval, si le fumier ne serait pas un moyen magique pour fertiliser la terre, et l'on est amené à croire que peut-être la pluie n'a pas d'autre propriété que de laver les feuilles. Une cause lointaine séparée de son dernier effet par un infini de suppositions vagues ne signifie rien, pas plus qu'une cause finale qu'on devine et à laquelle, par un orgueil qui s'affranchit des liens de la science positive, on ose dicter les moyens à employer.

Aussi y a-t-il une grande différence entre la simple contemplation de la vie et la science qu'on n'acquiert que par la recherche. Sans doute, chaque laboureur nous montre le but que nos recherches s'efforcent d'atteindre; mais si la joie que nous inspirent les découvertes laborieusement conquises à l'aide du feu et de la balance, peut devenir plus modeste, elle n'en est pourtant pas diminuée.

En entreprenant de suivre l'évolution de la matière, la science a rendu les services les plus importants qui font le mieux comprendre le cercle qu'elle décrit. Elle a pénétré dans le champ et la prairie plus avant que ne pou-

vait le faire la simple observation du fumier, du fourrage et du bétail. Que les premiers efforts aient été plus ou moins féconds c'est aux noms des Senebier, des Tiedemann et des Gmelin, qu'on doit rendre le plus grand hommage, parce qu'ils ont eu le courage d'entreprendre une tâche difficile, alors même qu'ils ne pouvaient bien souvent en espérer immédiatement un grand succès. Senebier, par ses travaux sur la nutrition des plantes, Tiedemann et Gmelin, par leurs recherches sur la digestion, qu'ils aient eu ou non conscience de la portée de leur œuvre, sont les fondateurs de la nouvelle idée qu'on se fait du monde. Les encyclopédistes qui l'annoncèrent par leurs prophéties audacieuses, ne la connaissaient que d'une manière imparfaite, à peu près comme le paysan avec son coup d'œil rapide arrive à la connaissance que possède le savant quand il a le courage d'être rigoureusement logique.

L'ammoniaque, l'acide carbonique, l'eau et quelques sels, voilà toute la série des matières avec lesquelles la plante construit son propre corps. Nous avons vu que l'albumine et la dextrine se forment aux dépens de ces combinaisons simples par l'effet d'une déperdition continue d'oxygène. Ces deux substances se dissolvent dans les sucs de la plante, qui par ce fait deviennent capables de les porter dans les régions les plus différentes, à travers la tige, les feuilles et les fruits. Aux dépens de l'albumine prennent naissance d'autres corps albuminoïdes, la légumine, le gluten et l'albumine végétale coagulée; ces deux dernières substances se déposent à l'état insoluble dans la graine. La dextrine se change en amidon et en cellulose qui contiennent les mêmes proportions en poids des mêmes éléments, mais dans un arrangement différent. Une partie de la

dextrine absorbe de l'eau et devient du sucre. Mais l'élimination de l'oxygène continue toujours. Le ligneux et la matière subéreuse naissent aux dépens de la cellulose, la graisse et la cire aux dépens de l'amidon.

L'albumine, le sucre et la graisse sont les matériaux organiques qui servent à construire l'animal. Le sang de l'animal est une solution d'albumine, de graisse, de sucre et de sels. Une absorption d'oxygène qui devient de plus en plus forte, change l'albumine en fibrine des muscles, en principes réductibles en colle des cartilages et des os, en la substance de la peau et des poils. Ces substances, avec de la graisse, des sels et de l'eau, forment la totalité du corps de l'animal.

Nous avons suivi pas à pas l'évolution, depuis la terre, l'air et l'eau, jusqu'à la création des êtres croissants et pensants. La toute-puissance créatrice, c'est l'affinité de la matière. Nous avons reconnu la matière sur bien des degrés, mais il y a entre eux encore assez d'espace pour permettre tous les méandres possibles du devenir. La recherche du devenir est une des tâches les plus importantes de la chimie de nos jours. Toutefois, la direction du mouvement de la matière est si manifeste, que ces détours ne peuvent être les sentiers d'un labyrinthe, mais qu'ils sont plutôt les chemins d'un vaste champ qui donne des fruits partout où l'homme applique son courage à le cultiver.

Au même titre que la recomposition progressive, la désassimilation elle-même est un phénomène d'une évolution graduelle. Dans la plante, l'albumine, le sucre et la graisse se décomposent en alcaloïdes, en acides, en matières colorantes, en huiles volatiles, en résines, en azote, en acide carbonique et en eau. Dans l'animal les mêmes substances se résolvent en leucine, tyrosine,

créatine, créatinine, hypoxanthine, acide urique, acide formique, acide oxalique, urée, ammoniaque, acide carbonique et en eau. Hors du corps, l'urée se décompose en acide carbonique et en ammoniaque.

Grâce à la vie elle-même, les plantes et les animaux retournent à leur source. Tout se dissout en ammoniaque, acide carbonique, eau et sels. Une bouteille contenant du carbonate d'ammoniaque, du chlorure de potassium, du phosphate de soude, de la chaux, de la magnésie, du fer, de l'acide sulfurique et de la silice, est d'une manière idéale le principe vital complet des plantes et des animaux.

Après la mort, la désassimilation est encore une évolution non moins régulière que pendant la vie. La matière glisse seulement sur d'autres degrés, jusqu'à ce qu'enfin elle arrive au terme de la décomposition.

La putréfaction n'est pas autre chose qu'une combustion lente des matières organiques, qui se passe en dehors du corps vivant. Elle continue la respiration après la mort. La putréfaction est une décomposition lente.

Quand la décomposition de la matière organique n'a pas pour cause une absorption d'oxygène, mais une dissolution de corps dont les éléments se mêlent aussitôt les uns avec les autres pour former de nouvelles combinaisons, il faut d'après Liebig lui réserver le nom de fermentation.

Dans la plupart des cas, la putréfaction et la fermentation agissent ensemble, quand des plantes et des animaux morts tombent en partage à la désassimilation.

C'est ainsi qu'aux dépens des corps azotés que l'on rassemble sous le nom de substances albuminoïdes, naissent deux corps azotés. Déjà la faculté qu'elles ont de cristalliser manifeste leur nature de produits de dé-

composition. On a d'abord observé dans du fromage en putréfaction une de ces substances, on peut l'obtenir en petites feuilles cristallisées blanches, d'où son nom de *leucine*. L'autre provient en abondance de la corne en putréfaction ; elle cristallise en aiguilles brillantes comme la soie, d'une blancheur éblouissante et s'appelle *tyrosine*.

La leucine et la tyrosine se distinguent des corps albuminoïdes par leur grande richesse en oxygène. Aussi, peut-on les produire aux dépens des substances albuminoïdes à l'aide des réactifs qui favorisent la combustion.

La leucine ne prend pas seulement naissance aux dépens des corps albuminoïdes et de la corne, mais elle se forme aussi aux dépens des produits réductibles en colle. La tyrosine se forme de préférence aux dépens de la corne, mais elle naît aussi des substances albumineuses et de la chondrine. A la place de la tyrosine, il se forme d'ordinaire, aux dépens des produits réductibles en colle, un autre corps qui contient encore plus d'oxygène que la leucine et la tyrosine, c'est le *sucre de gélatine*. On peut cependant obtenir du sucre de gélatine, de la tyrosine ou de la leucine, par divers procédés de manipulation, aux dépens de la chondrine. Quand on fait bouillir la chondrine avec des alcalis, il naît du sucre de gélatine; quand on la fond avec de la potasse, elle donne de la tyrosine; et dans les deux cas il ne se forme en même temps qu'une petite quantité de leucine. Au contraire, la leucine devient le produit principal quand on fait bouillir la chondrine avec de l'acide sulfurique (1).

(1) Hoppe, *Journal für praktische Chemie*, LVI, 139, 143.

La tyrosine contient plus d'oxygène que la leucine. Quand on traite la corne avec un réactif qui favorise la combustion, la leucine prend naissance avant la tyrosine. On peut considérer cette dernière comme un produit de l'oxydation de la leucine.

Outre la tyrosine, la leucine et le sucre de gélatine, il se forme aussi de l'ammoniaque pendant la putréfaction et la décomposition des matières en question. Les quantités d'ammoniaque vont toujours en augmentant, mais jamais au point que l'ammoniaque dégagé contienne tout l'azote des substances organiques. Marchand a déjà montré que, dans certains temps, il se fait dans les matières organiques en putréfaction un dégagement d'azote à l'état libre (1). Ce n'est que depuis peu que Reiset a signalé ce retour de l'azote à l'air comme un phénomène qui se produit généralement pendant la putréfaction de la viande, aussi bien que dans toute formation de fumier. Ville a confirmé l'assertion de Reiset (2), Valentin a démontré que les muscles morts dégagent de l'azote (3).

Tandis que l'ammoniaque contient une grande partie de l'azote des corps organiques animaux et végétaux, leur carbone et leur hydrogène se trouvent en partie dans des acides qui se rattachent aux acides gras par toutes leurs propriétés essentielles, mais qui se distinguent cependant des acides gras ordinaires parce

(1) Marchand, son *Journal*, XXXIII, 136, note; voyez encore Joh. Muller, *Handbuch der Physiologie des Menschen*, 1, 4te Aufl. 5.

(2) J. Reiset, *Comptes rendus*, XLII, 58, 59, et Ville, *ibid.*, XLIII, 145.

(3) Valentin, *Archiv für physiologische Heilkunde*, Jahrg., XIV, 476.

qu'ils sont plus volatils et qu'ils contiennent plus d'oxygène. A ces acides appartiennent l'acide *caprique*, l'acide *caprylique*, l'acide *caproïque*, l'acide *valérianique*, l'acide *butyrique*, l'acide *acéto-butyrique* (*acide métacétonique ou propionique*) (1), l'acide *acétique* et l'acide *formique*. Chacun des acides qui composent cette série contient plus d'oxygène que celui qui le précède. C'est ce qui fait que ces acides sont autant d'étapes qui conduisent la combustion définitive à l'acide carbonique et à l'eau.

La leucine se décompose, par exemple, quand on la fond avec de la potasse, en ammoniaque, en acide valérianique et en hydrogène.

Les beaux travaux de Bopp, de Hinterberger, de Guckelberger et de Keller, qui furent tous entrepris à l'instigation de Liebig, dans ces dernières années, nous ont débarrassés de l'opinion fausse que l'homme, les animaux et les plantes étaient transformés par la putréfaction en ammoniaque, en azote, en acide carbonique et en eau sans traverser des métamorphoses gra-

(1) J'ai conservé le nom d'acide acéto-butyrique provisoirement, quoique Limpricht et von Uslar avancent qu'il n'est pas identique avec l'acide propionique. Ce dernier doit avoir son point d'ébullition à 142 degrés tandis que l'acide acéto-butyrique commence à bouillir un peu au-dessous de 120 degrés, et qu'ensuite son point d'ébullition s'élève uniformément jusqu'au delà de 160 degrés. L'acide acéto-butyrique soumis à des distillations souvent répétées se décompose en acide butyrique et en acide acétique, ses sels ont aussi des caractères distinctifs. Par conséquent il est nécessaire dans beaucoup de cas de savoir si l'acide propionique en question est de l'acide acéto-butyrique, et il serait dangereux de remplacer une dénomination usitée avant que la question fut décidée. Limpricht und von Uslar, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVI, 323, 330, 332.

duelles (1). Nous savons maintenant que ces substances sont des termes ultimes d'une évolution dont la leucine, la tyrosine, le sucre de gélatine et les acides gras volatils sont les termes intermédiaires.

Dans l'ammoniaque, l'azote, l'acide carbonique et l'eau, nous trouvons les éléments des combinaisons albuminoïdes de la corne et des corps gélatineux. Mais tous ces corps contiennent aussi du soufre ; une partie des matières albumineuses, et les poils contiennent en outre du phosphore.

Pendant la putréfaction, le soufre et le phosphore sont pareillement arrachés à leurs combinaisons organiques.

Le soufre se montre d'abord combiné avec l'ammoniaque sous forme de sulfhydrate d'ammoniaque. Des acides organiques naissent auprès du sulfhydrate d'ammoniaque dans les corps albumidoïdes, par l'effet de la putréfaction. Sous leur influence, de l'acide sulfhydrique se dégage du sulfhydrate d'ammoniaque. C'est à cet hydrogène sulfuré qu'est due pour une grande partie la mauvaise odeur des matières en putréfaction.

Le phosphure d'hydrogène est le produit sous lequel le phosphore reparaît dans la putréfaction des corps albumineux. C'est un gaz qui s'enflamme à l'air et produit en brûlant une lueur terne qui, dans les cimetières, sous le nom de feu follet, fait la terreur des gens qui ignorent la nature de ce phénomène.

Le phosphore ne peut se transformer en acide phos-

(1) F. Bopp, *Annalen von Liebig und Wöhler*, LXIX, 20; Hinterberger, *ibid.*, LXXI, 76, 77 ; Guckelberger, *ibid.*, LXIV, 82 ; Keller *ibid.*, LXXII, 38.

phorique, que lorsque l'air a un accès libre pendant la décomposition des substances azotées animales et végétales. La putréfaction prédomine alors sur la fermentation et, par suite, le phosphore s'unit à l'oxygène. De là provient le phosphate d'ammoniaque qui apparaît parmi les produits de décomposition des corps albuminoïdes phosphorés.

L'hydrogène sulfuré se transforme en sulfure de potassium en présence de la potasse. Mais le sulfure de potassium se décompose à l'air en absorbant progressivement et continuellement de l'oxygène, il se décompose en hyposulfite acide, en sulfite et enfin en sulfate de potasse.

Quand la décomposition atteint son terme sous des conditions favorables, les corps albumineux, les produits cornés, les fibres élastiques et les tissus réductibles en colle se résolvent en ammoniaque, en eau, en azote et en acide carbonique, en acide sulfurique et en acide phosphorique.

Après la mort, la décomposition des parties constitutives non azotées, des graisses et des adipogènes s'opère aussi graduellement que la putréfaction et la dissolution des corps azotés.

On sait que les graisses rancissent. Cette avarie est toujours produite par une décomposition à la suite de laquelle les graisses, qui contiennent peu d'oxygène et beaucoup de carbone, se transforment en acides gras plus pauvres en carbone et plus riches en oxygène. Ces acides sont volatils, leur odeur est piquante. Cette décomposition est précédée par un dédoublement des graisses neutres en acides gras et en glycérine. Quand on conserve longtemps la partie liquide de la graisse d'homme, par exemple, une partie se sépare du reste

en prenant la forme solide ; cela vient de ce que la margarine, qui auparavant était dissoute, se décompose en glycérine et en acide margarique qui se dissout dans l'oléine plus difficilement que la margarine (1). Le gras de cadavre se compose de sels d'acide margarique et d'acide stéarique qui se sont séparés de la glycérine avec laquelle ils étaient d'abord combinés (2). La glycérine elle-même se change en acide acéto-butyrique et en eau par l'effet de la fermentation.

Tout le monde connaît, dans le fromage, cette formation d'acides gras volatils qui doit même être poussée jusqu'à un certain point pour que le fromage possède le goût et le parfum qu'on y recherche. En mangeant du fromage, nous faisons comme tant d'animaux, nous nous repaissons de produits de décomposition. L'oléine et la margarine de fromage se changent par l'effet d'une absorption progressive d'oxygène en acides caprique, caprylique, caproïque, valérianique et butyrique.

Voilà en général ce qui se passe pendant la décomposition des graisses. Les graisses avariées d'oie et de porc contiennent de l'acide caproïque et de l'acide butyrique tout comme le beurre rance. Chevreul a même trouvé dans l'axonge un peu d'acide acétique (3).

Il semble qu'il se forme toujours de l'acide carbonique pendant cette décomposition. Kolbe, à qui nous devons les recherches les plus ingénieuses sur les lois qui règlent la décomposition de la matière, a réduit l'acide valérianique en acide carbonique et en un hydrogène carboné qui passe à l'état d'acide butyrique en se

(1) Heintz, *Erdmann's Journal*, LIII, 448.
(2) Wetherill, *Journal für praktische Chemie*, LXVIII, 35.
(3) Voyez Schweizer, *Erdmann's Journal*, LIII, 443.

combinant avec de l'oxygène. L'acide butyrique est le terme qui précède immédiatement l'acide valérianique dans la série des acides gras volatils dans laquelle les substances se suivent l'une l'autre d'après la progression croissante de leur richesse en oxygène.

L'acide acétique et l'acide formique sont les corps les plus riches en oxygène qui peuvent, par cette voie, résulter de la décomposition, tant que les combinaisons contiennent encore de l'hydrogène. Quant aux acides acétique et formique, ils se décomposent eux-mêmes en acide carbonique et en eau.

Tandis que les acides gras volatils sont les chaînons intermédiaires qui conduisent des graisses solides à l'acide carbonique, nous rencontrons, aux degrés intermédiaires de la décomposition des adipogènes, les acides organiques du terreau.

La cellulose, l'amidon, le sucre, les matières ligneuses, donnent, en se décomposant, de l'acide *humique*, de l'acide *ulmique*, de l'acide *géique*, de l'acide *crénique* et de l'acide *apocrénique*, outre de l'acide carbonique et de l'eau. De tous ces acides, l'acide ulmique est le plus pauvre en oxygène. Après lui viennent les acides humique, géique, crénique, apocrénique. Une oxydation progressive change aussi l'acide qui précède en celui qui le suit, l'ulmique en humique, l'humique en géique, et ainsi de suite. C'est pour cela qu'on rencontre si rarement l'acide ulmique (Mulder).

L'oxydation peut changer aussi les corps albuminoïdes en acides du terreau. Alors à côté des acides humique, crénique et apocrénique, il naît de l'ammoniaque. L'ammoniaque est précisément la base pour laquelle les acides du terreau ont la plus intime affinité (Mulder).

Si l'acide humique et les autres termes de cette série s'arrêtent longtemps dans la terre sans être absorbés par les plantes, leur décomposition fait toujours des progrès quand l'air y a un accès convenable. Les acides apocrénique et crénique, ainsi appelés parce qu'on les trouve dans l'eau de source, se décomposent enfin en acide carbonique et en eau. Tous ces acides ne contiennent que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. En se combinant avec l'oxygène ils se résolvent en acide carbonique et en eau.

Si une colonne d'eau met obstacle à l'accès de l'air, la décomposition fait place à la fermentation putride. C'est pourquoi quand le bois perd dans les marécages sa structure organique, il se résout non pas en acide carbonique et en eau, mais en acide carbonique et en gaz des marais. Le gaz des marais est une combinaison de carbone et d'hydrogène qui ne contient pas d'oxygène.

Sous des conditions favorables le gaz des marais se décompose. L'hydrogène carboné se combine avec l'oxygène, et les produits ultimes de la décomposition sont encore de l'acide carbonique et de l'eau.

Jusqu'ici, je n'ai mis dans mon tableau que les degrés les plus importants de la destruction que traversent les parties constitutives des plantes et des animaux, pendant la putréfaction et la décomposition, avant de se dissoudre entièrement en ammoniaque, en azote, en acide carbonique, en eau, en acide phosphorique et en acide sulfurique. Cependant on se tromperait si l'on considérait les termes de la série de la destruction, que j'ai énumérés, comme les seuls anneaux de la chaîne qui relie les éléments histogènes aux termes ultimes de la décomposition.

Les termes intermédiaires que j'ai choisis sont ceux qu'on connaît le mieux et qu'on a observés dans les phénomènes naturels de la décomposition et de la putréfaction. On a constaté d'autres termes de passage par l'effet de la chaleur sèche sur les corps organiques. Mais cette chaleur sèche, ou distillation sèche, n'est, d'après l'heureuse comparaison de Liebig, qu'une combustion qui s'opère à l'intérieur d'une substance. Une partie du carbone brûle aux dépens de l'oxygène des corps en question, tandis qu'il se forme des combinaisons riches en hydrogène (1). Le résultat que produit la chaleur sèche est une décomposition incomplète qu'on peut comparer à la fermentation putride.

Les produits de la chaleur sèche, considérés à ce point de vue, ne méritent pas seulement de fixer l'attention du chimiste qui s'impose la tâche d'étudier les changements subis par la matière sous les conditions les plus variées, mais elle a droit aussi à celle du savant qui s'attache à connaître les lois de la décomposition naturelle de la matière organisée. C'est ainsi que nous savons, grâce aux travaux d'Anderson, que toute une série de bases volatiles composées uniquemenent d'azote, de carbone et d'hydrogène, est formée de produits de l'action de la chaleur sèche sur les os. Tout d'abord, parmi ces bases, nous trouvons le même corps qui a été découvert aussi dans l'ansérine puante (la *propylamine* ou *triméthylamine*) et en outre la *méthylamine* et la *butylamine*. La dernière de ces bases est celle qui, par rapport à l'azote, contient le plus de carbone et d'hydrogène, la méthylamine est celle qui en contient

(1) Liebig, *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, 6te Aufl., Braunschweig, 1846, 410, 411.

le moins, celle de l'ansérine tient le milieu. D'après les recherches d'Anderson, il paraît que l'*éthylamine*, qui remplit la place laissée entre la méthylamine et la base de l'ansérine ne fait pas défaut parmi les produits que la chaleur sèche tire des os (1).

Il n'est pas douteux que ces bases qui offrent la plus grande analogie avec l'ammoniaque, et que pour cela Wurtz appelle espèces d'ammoniaques composés, ne doivent être considérées comme des termes de passage allant du principe réductible en colle des os à l'ammoniaque, à l'acide carbonique et à l'eau. Il est évident que celui de tous ces termes qui contient le plus de carbone et d'hydrogène par rapport à l'azote, c'est-à-dire la butylamine, est le plus voisin de l'élément histogène primitif.

Les bases de la graisse du beurre (butylamine), de l'ansérine (triméthylamine), de l'esprit-de-vin (éthylamine), de l'esprit de bois (méthylamine), forment une série continue dans laquelle chaque terme diffère de celui qui le précède immédiatement par deux équivalents de carbone et d'hydrogène en moins. C'est de cette manière que se suivent les acides volatils non azotés, acides caprique, caprylique, caproïque et butyrique auxquels viennent encore s'ajouter les acides acéto-butyrique, acétique et formique. Dans cette série, le carbone et l'hydrogène vont perdant un nombre pair d'équivalents et l'oxygène augmente. Les chimistes appellent les corps qui appartiennent à ces séries *substances homologues* (*combinaisons homologues*).

La connaissance de ces séries et de leurs analogues nous fait comprendre le mouvement rétrograde qui transforme peu à peu les substances organiques des

(1) Anderson, *Erdmann's Journal*, LIV, 39, 40.

végétaux et des animaux en éléments de l'atmosphère. Presque chaque jour la découverte de nouveaux degrés intermédiaires vient jeter la lumière sur cette évolution de la matière. Il arrivera certainement, nos conquêtes scientifiques des années dernières et des derniers mois nous le font espérer de plus en plus, que nous pourrons enfin coordonner tous ces chaînons intermédiaires en des séries tout aussi naturelles que celles où nous avons déjà rangé les acides gras volatils, les bases volatiles et les acides du terreau.

Ici comme dans la désassimilation qui se produit dans le corps des plantes et des animaux, nous rencontrons la même loi. Nous voyons que les substances organiques revêtent des propriétés d'autant plus tranchées, basiques ou acides, que le degré de décomposition où elles se trouvent est plus avancé. La matière organique se change enfin en acide carbonique, acide sulfurique, acide phosphorique et ammoniaque. L'eau seule conserve partout la réaction neutre qui lui permet de jouer tantôt le rôle de base, tantôt celui d'acide (H. Rose).

En commençant à développer ce sujet, j'ai fait remarquer, qu'après la mort, la matière glissait sur d'autres degrés jusqu'à la décomposition complète. Cela ne veut pas dire que les termes intermédiaires, dont il est ici question, ne se rencontreraient jamais dans la vie. En effet, nous avons appris à connaître dans l'ansérine puante une des bases volatiles déjà citées. Frerichs et Staedeler ont démontré la leucine dans les glandes vasculaires, les glandes salivaires et le pancréas, dans des foies malades(1) et dans un cerveau malade. Cloetta

(1) Frerichs et Staedeler, *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie*, Jahrg. 1854, 382-392.

l'a trouvée dans des poumons sains. Schérer, Virchow (1), Von Gorup Besanez, ont eu l'occasion de confirmer une partie de ces assertions. On a trouvé la tyrosine dans la rate, dans le pancréas et dans un foie malade (2).

Dans des circonstances exceptionnelles on voit apparaître dans les corps vivants, et même en quantité considérable, des substances qui, dans les autres cas, ne provenaient que de la putréfaction ou d'une fermentation. Il y a peu de temps que Frerichs a achevé un travail qui montre d'une manière éclatante à quels résultats la pathologie peut arriver entre les mains d'un savant doué d'un génie aussi persévérant que fécond. L'intoxication du sang dans une maladie des reins, qui a rendu célèbre le nom de Bright, est causée par une fermentation que l'urée subit dans le sang, où elle se décompose en ammoniaque et en acide carbonique, exactement comme quand elle a été éliminée. Le carbonate d'ammoniaque s'accumule tellement dans le sang qu'il passe dans l'air expiré, où les moyens les plus simples peuvent en démontrer la présence. En injectant une solution de carbonate d'ammoniaque dans le sang des chiens, Frerichs a pu produire tous les accidents d'empoisonnement qui rendent la maladie rénale de Bright dangereuse pour la vie (3).

Après la mort, comme dans la vie, l'oxygène de l'air

(1) Rud. Virchow, *Offenes Schreiben an Herrn Geheimen Rath Schoenlein*, 18 janv. 1855, abd. aus *Goeschen's deutscher Klinik*, 7.

(2) Voyez t. I, p. 156, notes 1-2.

(3) Frerichs, Vierordt, *Archiv für Physiologische Heilkunde*, X, 403, 413, 415, 416, 419.

donne l'impulsion essentielle à la désassimilation. La décomposition, la fermentation putride, la respiration sont des phénomènes de combustion lente dans lesquels l'oxygène opère immédiatement sur le corps en voie de décomposition, ou plutôt la produit en se combinant avec le corps primitif.

Mais il y a une série de cas, dans lesquels l'oxygène provoque la décomposition d'un corps en se combinant avec un autre.

Quand un composé de caséine et de beurre est exposé à l'air, la caséine subit une décomposition provoquée par l'oxygène. Elle se décompose d'abord en leucine, qui plus tard se brûle pour former de l'acide valérianique et de l'acide butyrique. Tandis que la caséine se transforme ainsi, il ne faut pas croire que les molécules des graisses du beurre restent dans un équilibre stable. Ces graisses se composent de combinaisons de divers acides gras, des acides oléique, margarique, caprique, caprylique, caproïque et butyrique avec la glycérine. On appelle ces combinaisons oléine, margarine, caprine, capryline, caproïne et butyrine. Par l'effet de la décomposition de la caséine ces combinaisons se dissocient pour donner les acides gras en question et la glycérine. Les acides gras volatils sont mis en liberté et le fromage acquiert de son goût piquant caractéristique.

Dans ce phénomène, les produits de la décomposition de la caséine ne se combinent pas avec ceux qui résultent du dédoublement des graisses. Avec son esprit pénétrant et ingénieux, Liebig juge que nous sommes en présence d'un transfert du mouvement des molécules matérielles de la caséine à celles de la graisse. Et comme cela s'opère sans que les produits

des deux substances se combinent entre eux, il y voit le caractère principal de la fermentation.

C'est ce qui se passe pendant la fermentation alcoolique qui consiste en ce qu'un corps en voie de décomposition transmet son mouvement au sucre de raisin, de sorte que celui-ci se dédouble en alcool et en acide carbonique. C'est l'oxygène qui produit la transformation du corps, qui excite le mouvement et donne l'impulsion à la fermentation. Ce corps qui excite la fermentation s'appelle ferment.

Quand le lait s'aigrit c'est encore l'oxygène qui d'une manière indirecte produit la décomposition. L'oxygène met en mouvement les molécules de la caséine, ce mouvement se propage au sucre de lait. Le sucre de lait n'absorbe pas lui-même d'oxygène. Il se transforme d'abord en acide lactique, qui se compose d'autant d'équivalents de carbone, d'hydrogène et d'oxygène que le sucre de lait. Mais les molécules matérielles de l'acide lactique sont disposées autrement que dans le sucre. Si l'influence de la caséine en mouvement continue à s'exercer, l'acide lactique se change en acide butyrique, en acide carbonique et en hydrogène. Si l'on met le lait à l'abri de l'oxygène, en le faisant bouillir, on peut le conserver plus longtemps sans qu'il s'aigrisse. Il y manque précisément la matière qui met la caséine en mouvement.

L'oxygène joue un rôle actif dans toutes ces fermentations que nous devons considérer comme des cas particuliers de désassimilation après la mort, ou après l'élimination hors du corps. Il transforme l'excitant de la fermentation, ce qu'on appelle le ferment. Cette modification n'est pas possible sans un phénomène de mouvement, et le mouvement se propage à d'autres

matières qui ne se combinent pas elles-mêmes avec l'oxygène.

Plus la composition chimique d'un corps est d'un ordre supérieur, et plus elle est compliquée, plus l'équilibre des attractions moléculaires se détruisant facilement donne lieu au mouvement. Voilà pourquoi la fermentation ne s'observe que dans les substances organiques.

L'instabilité de cet équilibre, la mobilité des molécules matérielles, qui sont le caractère des substances organiques, telle est la cause de la vie après la mort.

Nous savons déjà que nous devons considérer les acides du terreau, cette chaîne d'anneaux intermédiaires qui unit les corps albumineux et les adipogènes, pendant leur destruction, à l'ammoniaque, à l'acide carbonique et à l'eau, comme les instruments les plus importants du renouvellement de la vie.

Dans la plupart des cas, il règne aussi dans le corps vivant des plantes et des animaux un mouvement de molécules qui se transmet d'une partie constitutive à une autre. Les substances qui présentent ce mouvement au plus haut degré et de la façon la plus féconde, ce sont les corps albuminoïdes et leurs analogues.

Mais l'humate, le crénate et l'apocrénate d'ammoniaque sont les substances de la terre végétale qui se changent le plus facilement en albumine. Quand la plante enlève au sol l'apocrénate d'ammoniaque, ses racines s'enrichissent d'une matière qui n'est pas seulement un ferment, une substance propre à exciter la fermentation, mais qui réveille la vie.

La décomposition et la putréfaction ne sont terminées que lorsque toute la matière organique est transformée en ammoniaque, en azote, en acide carbonique

et en eau. A ce moment les sels inorganiques se séparent des combinaisons organiques auxquelles ils étaient liés.

Mais au même instant la matière devient capable de porter une nouvelle vie. L'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque et les sels constituent par leur réunion des aliments parfaits pour les plantes, et n'ont pas besoin d'une consécration spéciale pour former de l'albumine, du sucre, de la graisse et enfin des plantes, des animaux et des hommes.

Ce n'est pas sur la grandeur imposante de cette circulation que je voulais attirer les regards, mais sur les conditions qui donnent d'abord à la circulation toute sa signification absolue au sens matériel. L'anatomiste a raison de ne pas se borner à l'étude des formes finies, telles qu'il les trouve dans les plantes et les animaux adultes. Les recherches les plus soutenues l'ont conduit plutôt à suivre l'évolution des plus petits éléments anatomiques, le devenir de la structure intime, la naissance de l'organe. Le physiologiste qui comprend sa mission, considère la science de la vie comme la chimie et la physique des plantes et des animaux, et explore de la même manière l'évolution de la matière. Sur le domaine de la forme comme sur celui de la composition chimique, il reste encore infiniment à faire avant qu'on puisse poser le pied sur tous les degrés de ces deux échelles, qui se rencontrent par leur sommet et qui représentent l'image de la double évolution ascendante et descendante de la vie.

La matière se déroule sans saccade dans les deux sens. Les corps les plus élémentaires subissant une déperdition progressive d'oxygène deviennent des corps organisés que l'oxygène ramène ensuite à une décom-

position complète en suivant une évolution tout aussi constante. Nous avons de ces vérités des preuves si sûres, qu'une profession de foi matérialiste ne peut pas être considérée au moment actuel ni comme un pressentiment d'une grande portée, ni comme une prophétie hardie, mais comme l'effet d'une conviction profondément enracinée.

Celui qui a peur de pousser jusqu'aux dernières conséquences, ne doit pas chercher, il faut qu'il croie. Que celui qui n'est pas satisfait par la foi, cherche hardiment, il trouvera l'assurance que donne la science. Quand on a conscience de la séparation de la science et de la foi, on sent qu'il ne peut y avoir entre elles de conciliation, et par conséquent qu'il ne doit pas y avoir d'hostilité. En effet, celui qui se rattache à la science un jour, et le lendemain à la foi, n'est, ni ce jour-là ni le lendemain, un homme complet, il n'est pas fait pour cette lutte. Entre l'homme qui croit et l'homme qui cherche il n'y aucun choc possible, ils suivent tous deux sciemment des voies opposées.

SEIZIÈME LETTRE.

LA MATIÈRE GOUVERNE L'HOMME.

« Un des principaux obstacles qui empêchent les » Allemands en général de parler leur langue aussi » facilement et aussi couramment que d'autres nations, » consiste en une gêne de la langue qui résulte en » grande partie de ce qu'ils consomment beaucoup de » végétaux et d'aliments gras. Il est vrai que nous » n'avons pas autre chose dans ce pays-ci; mais la » modération et la prudence peuvent faire et corriger » beaucoup de choses (1). »

C'est ainsi que parlait à Goethe le vieux Zelter, qui puisait ses idées fraîches et vives dans le sein d'une expérience féconde. C'est à peine si la science de la nature est assez avancée pour qu'on puisse formuler un jugement sur l'explication fournie par Zelter. Mais il n'est pas douteux que les aliments gras n'aient besoin pour se décomposer d'une plus grande quantité d'oxygène que les adipogènes. Pour une grandeur donnée

(1) *Briefwechsel zwischen Gœthe und Zelter*, herausg. von Riemer. Berlin, 1834, I, 93.

des poumons, plus une matière du corps exige d'oxygène pour brûler, plus la quantité de cette matière qui changera de forme devra être petite. Au contraire un échange de matière rapide rend possibles des mouvements souples et vifs. Or, comme la voix et la parole dépendent en définitive des mouvements des muscles du larynx, de la langue, et de ceux du visage, pendant que la bouche s'ouvre, on aurait le droit de dire qu'un régime d'aliments gras pourrait exercer sur la rapidité du discours et la souplesse du chant une influence plus fâcheuse qu'un régime végétal.

Mais en supposant que cette explication doive rester encore longtemps insuffisante et que l'observation de Zelter se range à côté de tant de phénomènes qu'il n'est pas encore possible de déduire logiquement d'un fait déjà décrit, la confiance que l'expérience mérite en général n'en est pas le moins du monde atteinte. Il en est de même de la crainte qu'inspirent aux chanteurs les noix et les amandes ; elle doit recevoir son explication d'une cause plus générale que celle qu'on invoque d'ordinaire, c'est-à-dire de ce que de très-petites parcelles de ces fruits tomberaient facilement dans la glotte, où elles produiraient sur les cordes vocales une action fâcheuse.

Je n'ai rappelé ces expériences plus ou moins familières au peuple, que dans le but de montrer que nos divers états sont en général produits par la matière que nous empruntons au dehors.

Dans la génération qui nous précède bien des gens ont appris à l'école que le sel de cuisine est indispensable à l'entretien de la vie, et que tous les peuples poussés par une nécessité intime font usage de ce sel comme d'un aliment accessoire, ou bien d'une nour-

pare la digestion des adipogènes, en transformant l'amidon en sucre, et comme le suc gastrique est le plus important des liquides qui dissolvent les corps albumineux, il est évident que des doses modérées de sel de cuisine doivent activer la digestion.

Boussingault nous a appris que les taureaux dont le fourrage était mêlé de sel, présentaient un meilleur aspect, que leur poil devenait uni et luisant, qu'ils étaient plus vifs sans peser davantage (1). La nutrition, le développement des tissus éprouve donc l'influence du sel de cuisine aussi bien que la digestion et le sang. Nous voyons aussi dans les recherches de Boussingault, que chez ces taureaux, une augmentation de la sécrétion du sperme se manifestait par une plus grande envie de saillir. Le passage d'une plus grande quantité de sel de cuisine dans le sang produit de même l'accroissement de celle que renferment la salive et le suc gastrique.

Par l'effet d'une ingestion considérable de sel de cuisine, on voit augmenter la quantité d'azote que la respiration enlève au corps par la peau et les poumons (Barral, Regnault et Reiset) (2). Et en même temps l'accroissement de l'excrétion de l'urée trahit celui de la décomposition des éléments histogènes azotés (Barral).

Enfin on peut tuer les animaux les plus forts en leur donnant du sel de cuisine en grande abondance. Goubaux a trouvé qu'il suffit de faire prendre à un cheval une quantité de sel égale à la deux centième

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 536. — *Valentin's Grundriss der Physiologie*, 3ᵉ Aufl., Braunschweig, 1850, 357.

(2) *Journal de pharmacie et de chimie*, 3ᵉ série, t. XVI, 448.

partie de son poids, et à un chien une égale à la quatre centième du sien, pour les tuer en douze heures avec des phénomènes d'une inflammation très-intense de l'estomac et de l'intestin. Un accessoire indispensable des aliments se change, quand il est pris en excès, en un poison terrible qui tue rapidement (1).

S'il suffit de faire prendre une substance si simple, composée comme le sel marin de chlore et de sodium, pour exercer une influence si profonde dans l'état du corps, s'il suffit de boire beaucoup d'eau, comme nous l'apprennent Becquerel et Lehmann, pour augmenter d'une façon considérable la sécrétion des parties constitutives de l'urine (2), il n'y a pas à s'étonner qu'une modification plus importante des aliments fasse sentir son influence dans le domaine entier de l'échange des matières.

Nous lisons dans Liebig : « Le pain et la viande ou » l'alimentation végétale et animale agissent de la même » manière par rapport aux fonctions qui sont commu- » nes aux animaux et à l'homme, ils font naître dans » le corps vivant les mêmes produits (3). » Ce jugement est erroné.

On pourrait être tenté d'en déduire pour ce qui regarde la nourriture qu'il est indifférent de ranger l'homme parmi les carnivores ou les herbivores. Mais Liebig, lui-même, n'est pas de cet avis. « Voici, dit-il » ailleurs, ce qui constitue la haute valeur que la » viande possède comme aliment. Le foin, l'avoine, les » raves, les pommes de terre et le pain produisent

(1) Goubaux, *Comptes rendus*, XLIII, 152.

(2) Voy. Frerichs, *loc. cit.*, 718.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 545.

» dans le corps vivant de la chair et du sang. Mais » aucun de ces aliments ne reproduit la chair avec la » même rapidité que la viande, et ne restaure la sub- » stance musculaire usée au travail, au prix d'une aussi » petite dépense de force organique (1). »

Comment pourraient-ils le faire? ne sait-on pas généralement que la viande et le pain ont une composition essentiellement différente?

D'abord, le pain contient dans ce qu'on appelle le gluten un mélange de deux corps albuminoïdes décrits, l'un sous le nom d'albumine végétale insoluble, l'autre sous celui de colle végétale. Ces substances diffèrent de la fibrine de la chair musculaire, parce qu'elles se dissolvent plus difficilement dans les sucs digestifs, et qu'elles contiennent moins d'oxygène. L'albumine soluble qui se trouve dans la chair imprégnée de sang et de suc nourricier, contient plus de soufre que l'albumine soluble du pain.

Une différence plus importante que celles qui distinguent les corps albuminoïdes de la viande et du pain, est celle qui existe entre les graisses et les adipogènes, substances qui dominent, les premières dans la viande, les secondes dans le pain. Sans doute la graisse ne fait pas défaut dans le pain. Mais tandis que l'amidon et le sucre se trouvent en grande abondance dans le pain, la graisse entre dans la viande pour une quantité considérable.

L'amidon et le sucre se changent en premier lieu en graisse par l'effet de la digestion, ils y perdent une partie de leur oxygène. Il faut aussi que les corps albuminoïdes du pain se changent en substances albumineuses

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 556.

du sang. Cela explique déjà que le sang de l'homme et avec lui les muscles et les autres tissus se renouvellent plus vite avec de la viande qu'avec du pain.

Toutefois si l'on veut comparer ensemble le régime animal et le régime végétal, il faut recourir à des substances plus nettement opposées que ne peuvent l'être la viande et le pain. La viande et les herbes potagères ou les fruits occupent les limites extrêmes dans la série des aliments dont l'homme fait usage.

La viande et les herbes potagères ne se distinguent pas seulement par les propriétés de leurs parties constitutives, mais elles diffèrent beaucoup plus encore par les proportions dans lesquelles les diverses classes de matières alimentaires y sont représentées pour le même poids. La viande contient environ quarante fois plus de corps albuminoïdes que les légumes, et, à cause de la grande quantité d'eau que renferment ces derniers, les adipogènes y descendent au-dessous de la quantité de graisse que contient la viande. A ces différences décisives s'en ajoute enfin une autre très-considérable pour ce qui concerne les sels. Tandis que dans la viande les bases alcalines ou terreuses sont principalement combinées avec l'acide phosphorique, les acides organiques occupent le premier rang dans les herbes potagères. Ils se composent de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, et se décomposent en acide carbonique et en eau dans le sang par l'effet d'une absorption d'oxygène. Les malates, les tartrates et les citrates alcalins se transforment en carbonates et en eau.

Il n'est guère nécessaire de rappeler que l'idée matérialiste de la vie considérée dans ses phénomènes à faces multiples serait à tout jamais couverte de ridicule, si

l'opinion de Liebig se vérifiait, si le changement du régime animal au régime végétal n'apportait aucune modification appréciable aux états habituels des séries de phénomènes vitaux dans le corps de l'homme, si le régime animal et végétal agissaient de la même manière par rapport aux fonctions qui sont communes aux animaux et à l'homme, s'ils donnaient naissance aux mêmes produits dans le corps vivant (1).

La viande et le régime végétal manifestent l'action la plus immédiate sur le sang, et, il faut le dire, Liebig lui-même attribue à l'action de ces deux aliments une différence très-marquée (2). Une recherche très-instructive de Verdeil nous apprend que le régime de viande fait prédominer les phosphates dans le sang, et qu'au contraire, si l'alimentation se compose de légumes et d'herbages, les carbonates occupent le premier rang (3).

Mais comme il faut que les substances albuminoïdes des parties vertes des végétaux se transforment en albumine et en fibrine du sang, que les adipogènes des herbages deviennent des graisses, la différence de l'action de la viande et des légumes commence à se faire sentir non pas pour la première fois dans le sang tout formé, mais déjà dans la sanguification, dans la digestion. Les aliments se digèrent avec une rapidité et une facilité d'autant plus grande, que leurs parties constitutives ressemblent plus à celles du sang. Il résulte de là que la viande convient mieux à la sanguification, non-seulement que le pain, mais aussi et surtout mieux que les légumes.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 509, 545.

(2) Id., *ibid.*, 509, 510.

(3) Verdeil, *Annalen* von Liebig und Wöhler, LXIX, 94-97.

Cette proposition acquiert une importance double dès que nous accordons moins de valeur aux propriétés qu'aux proportions des substances alimentaires dans les deux aliments. Il y a déjà plus de dix ans que Lehmann a démontré par des expériences sur lui-même que le régime animal augmente l'abumine du sang, tandis que le végétal en diminue la quantité (1). De plus, Nasse nous a appris que le sang contenait beaucoup plus de graisse à la suite du régime animal qu'après le régime végétal (2).

Ainsi l'albumine, la graisse et les sels, ne se présentent pas de la même manière dans le sang, suivant la nourriture dont on a fait usage. Par conséquent le premier résultat que nous donne l'évolution des aliments quand on a consommé de la viande, ou qu'on a mangé des légumes, n'est rien moins qu'indifférent.

Or, nous devons considérer le sang comme le liquide qui donne naissance aux tissus, aux sécrétions et aux excrétions du corps. Si donc il se modèle sur la nourriture employée, il est clair que la différence capitale dont nous avons parlé étendra son influence sur tous les phénomènes de la vie. C'est un état convenable de la nutrition des nerfs qui produit le sentiment général de bien-être que nous appelons rassasiement. Avec de la viande, tout le monde le sait, on apaise l'appétit d'un homme sain, avec de la salade, jamais. Cette différence provient de ce que l'usage exclusif de la salade ne produit qu'une sanguification imparfaite, et par elle qu'une nutrition défectueuse des nerfs.

(1) C. G. Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1842, I, 191.

(2) H. Nasse, *Uber den Einfluss der Nahrung auf das Blut*. Marburg und Leipzig, 1850, 87.

C'est grâce à cette différence dans la composition du sang que nous comprenons les récits que les voyageurs nous font de la force musculaire des races d'Indiens chasseurs, tandis que les habitants des îles nombreuses de l'océan Pacifique, ne vivant que d'herbages et de fruits, ne peuvent accomplir que des actes faibles avec leurs muscles débiles. Puisque les muscles ne se composent en somme que d'un corps albuminoïde, de graisse et de phosphates; un régime qui comme celui de la viande fournit au sang de l'albumine, de la graisse et des phosphates en abondance doit plus que tout autre produire des muscles vigoureux. Non-seulement la nourriture animale leur fournit en abondance les éléments qu'il leur faut, mais encore elle les leur présente dans les proportions convenables.

Les sécrétions se modèlent aussi sur le sang. Une nourriture riche en azote, n'accroît pas simplement la quantité de lait, mais aussi celle du beurre dans le lait; un régime de viande nourrissant, surtout quand il est soutenu par des adipogènes, du riz, des pommes de terres, des aliments farineux légers, augmente le lait, au contraire l'usage exclusif de fruits et de légumes l'appauvrit.

Le même animal dans les mêmes conditions, expire plus d'acide carbonique après avoir pris une nourriture végétale, qu'après avoir fait usage de viande. Dans l'aliment végétal, les adipogènes composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène sont plus riches en oxygène que les graisses de l'aliment animal. Par conséquent, il lui faut moins d'oxygène pour brûler et se résoudre en acide carbonique et en eau. Et s'il y a autant d'oxygène absorbé, la viande doit fournir moins d'acide carbonique que les herbes.

L'urine permet déjà de reconnaître, à une propriété facile à constater, si la nourriture dont on a fait usage se composait de viande ou d'aliments végétaux. Chez les carnivores l'urine est acide, elle rougit le papier bleu de tournesol, chez les herbivores elle est alcaline et rend au papier rouge de tournesol une couleur bleue. La différence est réellement le résultat du régime. Il suffit qu'un homme mange de la marmelade de pomme pour rendre alcaline son urine acide. L'urine des lapins devient acide quand on leur introduit par force de la viande dans le pharynx, ou quand on leur injecte du bouillon de viande dans les veines (Bernard).

Sous l'influence d'un régime exclusivement végétal, on évacue moins d'urée en vingt-quatre heures que lorsque l'alimentation se compose de viande ou d'œufs (Lehmann, Frerichs). Bien plus, cette différence se prononce même d'une manière manifeste chez divers peuples, suivant la quantité de viande qu'ils consomment dans leurs repas. Les Français évacuent moins d'urée que les Allemands dans le cours d'une journée, et ceux-ci sont laissés de beaucoup en arrière par les Anglais. Or, on peut s'assurer par des statistiques exactes que pour le même nombre d'âmes, il se consomme à Londres six fois plus de viande qu'à Paris (1).

De même il est établi, que le régime animal augmente la quantité des sulfates et des phosphates de l'urine. Une partie de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, qui sont combinés avec des alcalis ou des terres dans ces sels, provient de la combustion du soufre et du phosphore de l'albumine. Une partie seu-

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 2te Ausg., II, 444.

lement de ces acides a été introduite en nature dans le corps.

Si donc le sang et les tissus, le lait, l'urine ainsi que l'air aspiré, en un mot tous les actes matériels du corps se modifient quand nous vivons exclusivement de végétaux ou d'animaux, il n'y a pas lieu de s'étonner que la nourriture empruntée exclusivement au règne végétal ou au règne animal domine tous les états de l'homme, tous les actes de sa vie. Nous ne pouvons pas nous défendre de rattacher la mollesse et le manque de caractère des Hindous au régime d'herbes dont ils vivent. Haller ne nous a-t-il pas déjà appris qu'il avait à se plaindre d'une certaine inertie et de dégoût pour le travail toutes les fois qu'il s'était limité pendant quelques jours au régime végétal ? Cependant il y a des cas où une nourriture exclusivement composée de viande conviendrait tout aussi peu à l'homme. Villermé raconte que pendant la guerre d'Espagne, une division de l'armée à laquelle il appartenait lui-même, fut forcée pendant six ou huit jours de ne vivre que de viande; les troupes furent atteintes de diarrhée, d'amaigrissement et d'une faiblesse tout à fait surprenante (1).

Malgré cela il est certain, des observations nombreuses et aussi des expériences faites sur une grande échelle le prouvent, que l'homme doit en partie le rang privilégié qu'il occupe par rapport aux bêtes, à la faculté qu'il a tantôt de ne se nourrir que de végétaux, tantôt de ne vivre que de viande. Ainsi, d'après Wilkes, les Indiens de l'Orégon ne mangent guère pendant une grande partie de l'année que des racines,

(1) *Gazette médicale*, 1850, janvier, 62.

dont vingt espèces des plus savoureuses sont indigènes. Comme elles mûrissent à diverses époques de l'année, les habitants se transportent de la contrée où croît l'une de ces racines à l'autre (1). Au Malabar la croyance à la métempsychose persiste encore; il y a des hôpitaux pour les bêtes, on y nourrit des rats dans des temples, et il est défendu de tuer des animaux. De même les habitants du Pégu se bornent par superstition au régime végétal. Dans les pays chauds où la respiration s'accomplit plus lentement, le régime végétal est souvent une nécessité. D'autre part, il arrive beaucoup plus souvent que la force des choses contraint à ne manger que de la viande. La Nouvelle-Hollande, et la terre de Van Diemen, dont la végétation, d'après Lesson, n'offre que des feuilles sèches, dures, étroites et maigres qui reproduisent dans de misérables forêts l'image de la sécheresse du sol, sont si pauvres en racines et en fruits nutritifs que les habitants sont à peu près obligés de ne se nourrir que de viande. Tout le monde sait que les Islandais, les Kamtschadales, les Lapons et les Samoyèdes ne peuvent vivre que de poisson pendant une grande partie de l'année. Les chasseurs des prairies de l'Amérique ne se nourrissent que de chair de bison.

Cependant si l'on voulait conclure de ces faits autre chose que la grande flexibilité de la nature humaine qui s'adapte aux circonstances les moins propices, on commettrait la faute de ne considérer qu'une partie de nos besoins réels. En cela, Rousseau, prescrivant à l'homme le régime végétal exclusivement à tout autre, ne s'accorde pas plus avec l'état de nature

(1) *Froriep's Notizen*, décembre 1849, 262.

qu'Helvétius qui ne veut permettre que le régime de viande.

Dans cette question comme partout, l'histoire de l'évolution des aliments nous fournit le point d'appui le plus solide pour juger sainement du choix du régime. Les substances alimentaires se changent en parties constitutives du sang. Mais comme les substances de la viande ressemblent plus à celles du sang que les substances alimentaires végétales, elles sont plus faciles à digérer et se transforment plus vite en sang, il en résulte forcément que l'acte le plus important, l'acte primordial de la vie de l'homme, la sanguification, serait rendu plus difficile que de raison, si nous voulions ne manger que du pain et des fruits. Nos aliments végétaux, sauf quelques rares exceptions, contiennent si peu de graisse, que la production de la graisse incomberait presque tout entière aux organes digestifs. Ce n'est qu'en perdant de l'oxygène que les adipogènes peuvent passer à l'état de graisse du sang. Si l'on exige du corps de l'homme qu'il prépare une quantité extraordinaire de graisse, il tombe au rang de l'échange des matières tel qu'il se fait dans les plantes. Chez l'homme le travail de la fabrication de la graisse ne doit pas excéder certaines limites si l'on ne veut pas que sa vie se ravale au niveau de la végétation.

Quand l'homme ne vit que de viande, il est nécessaire que l'activité de la respiration s'élève au-dessus du degré normal, pour que la nutrition et la désassimilation restent dans un juste équilibre. Les corps albumineux si abondants dans la viande, et encore plus la graisse, ont besoin pour produire la même quantité d'acide carbonique de beaucoup plus d'oxygène que

les adipogènes fournis par les plantes. Or, comme la quantité d'oxygène que nous inspirons ne dépend pas de la nourriture seule, mais que même par des régimes très-différents elle peut rester la même, le régime exclusivement composé de viande donne lieu à une réplétion des tissus; alors naissent des congestions sanguines du cerveau ou d'autres états pathologiques à la suite desquels l'homme déploie une activité moins profitable.

En général on ne peut pas répéter assez souvent que les droits de tout homme à la subsistance ne trouvent pas leur entière satisfaction, si l'on se borne à rendre possible, de n'importe quelle manière, le renouvellement des parties constitutives de son sang ou des éléments de ses tissus. Sans doute, s'il n'est question que du but à atteindre, la prolongation de la vie au moyen des aliments est le premier devoir. Mais la vie doit produire; la substance qui renouvelle le corps de l'homme doit travailler à une œuvre d'homme. Aussi faut-il distribuer la nourriture de telle sorte que nous n'ayons pas à effectuer une production exorbitante de graisse, ce qui rappelle la vie végétale, ni à chasser comme des loups pour consumer par la respiration la chair que nous avons mangée.

Une alimentation purement végétale laisse dans le canal intestinal beaucoup de substances non dissoutes. Rawitz à qui nous sommes redevables d'un travail consciencieux sur la force nutritive des aliments et des boissons, rejetait une plus grande quantité de matières fécales quand il ne mangeait que des herbes, que lorsqu'il s'en tenait à un régime exclusivement composé de viande (1). Si nous prenons parmi les

(1) Rawitz, *De vi alimentorum nutritia*. Vratislaviæ, 1846, 37, 38.

aliments végétaux ceux qui sont le moins propices, les pommes de terre ou les choux, nous sommes forcés de surcharger le tube digestif d'une quantité extraordinaire de cellulose très-peu soluble, dès que nous voulons ingérer sous forme d'aliments la quantité de substance dont une sanguification normale ne peut se passer. On traîne ainsi avec le corps un poids tout à fait inutile, une espèce de lest dont la décharge exige une dépense de mouvement qui ne peut s'opérer sans faire subir une déperdition de force aux autres fonctions. Souvent même la force, que cette expulsion nécessite, fait défaut. Quelquefois nous voyons naître la constipation à la suite d'un régime exclusivement composé de végétaux, de pain et de fruits des légumineuses. J'ai déjà rapporté qu'au contraire une nourriture exclusivement composée de viande peut amener une tendance à la diarrhée.

Tandis que ces raisons, que nous empruntons à la nutrition elle-même, recommandent aux hommes l'usage d'un régime mixte, la structure des organes de la digestion en fournit d'autres qui ne sont pas moins importantes. Les dents nous les indiquent déjà. Les dents pointues des carnassiers leur permettent de déchirer la chair. Les molaires développées et striées des ruminants les mettent en état de moudre une nourriture végétale. Les dents de l'homme tiennent le milieu, elles peuvent couper la chair et broyer les graines. De même la mâchoire inférieure de l'homme est moins mobile sur le côté que celle des bœufs et des moutons, mais elle l'est plus que celle des lions et des chats.

L'amidon est la principale substance alimentaire de beaucoup d'aliments végétaux. Le privilége de transformer l'amidon en sucre et en graisse appartient à la

salive et au suc pancréatique. On connaît la grosseur des glandes salivaires de nos ruminants et de nos chevaux, au contraire, celles des carnivores sont relativement petites. Les herbivores peuvent digérer de grandes quantités d'amidon et même de cellulose, grâce à leurs grosses glandes salivaires. On peut employer, pour engraisser le bétail, de la sciure de bois, qui ne contient guère que de la cellulose en fait d'adipogènes. Les ruminants qui vivent d'herbes en sont à peu près réduits à faire de la graisse avec de la cellulose. Les glandes salivaires de l'homme sont assez grosses pour pouvoir digérer les adipogènes; mais quand on nourrit un homme exclusivement avec du pain et des herbages, on impose à ses glandes salivaires une activité excessive.

Chez l'homme l'estomac a la forme d'un réservoir couché en travers dans la cavité abdominale et pourvu d'un grand cul-de-sac. Ce cul-de-sac est peu développé chez les chats et les hyènes. Chez les ruminants au contraire, il y a un estomac à quatre compartiments. Tandis que chez les chauves-souris qui sucent le sang, la longueur du canal intestinal n'est que le triple de celle du corps, le mouton a un intestin vingt-huit fois aussi long que son corps. Chez l'homme la longueur du canal intestinal égale six fois la hauteur du corps.

Plus le canal de l'intestin est long, et plus l'estomac est développé, plus les liquides digestifs agissent longtemps sur les aliments. Or, comme les ruminants versent dans leur long intestin, tant de fois replié sur lui-même, une grande quantité de salive et de liquide intestinal, il n'est pas étonnant qu'ils puissent dissoudre des substances alimentaires qui passent pour être indigestibles chez l'homme. D'autre part les hommes

sont capables d'accomplir plus de travail dans la fonction de la sanguification que les carnassiers, grâce à la plus grande longueur de leur intestin et à l'ampleur du cul-de-sac de l'estomac.

Ainsi donc nous voyons que le mélange des aliments et la structure des organes de la digestion sont toujours en accord avec l'habitude la plus généralement répandue qui porte l'homme à faire usage à la fois de viande, de pain, de fruits et de légumes. Il faut donc rejeter les prescriptions de Rousseau et d'Helvetius, quelque forme qu'elles revêtent, comme des erreurs sur les conditions véritables de la vie de l'homme, ou comme des superstitions et des rêveries.

Le genre de vie peut jusqu'à un certain point neutraliser l'influence fâcheuse d'une nourriture exclusive. Les peuples chasseurs s'accommodent d'un régime de viande, parce que le mouvement qu'on se donne à la chasse fortifie la respiration, et cause une plus grande élimination d'acide carbonique. Les substances qui passent de la viande dans les tissus doivent la quantité plus grande d'oxygène dont elles ont besoin à la tension musculaire que produit la chasse. De même l'activité de la digestion s'accroît par le travail corporel au grand air. Aussi un journalier peut-il se rassasier avec du pain, des pois et des haricots, sans que son corps souffre de l'accomplissement des devoirs de sa profession.

L'individu qui a des organes digestifs faibles, et qui fait peu de mouvements, ne peut pas vivre avec le régime végétal. Les hommes avancés en âge, dont la vie s'écoule devant un bureau, ont absolument besoin de forts bouillons de viande et de manger fréquemment de la viande rôtie. Le gibier leur convient d'une manière

toute particulière. Il faut qu'ils prennent beaucoup de substance alimentaire sous un volume assez petit. Enfin, pour atteindre un état de choses convenable, il faut que les pauvres, et non pas seulement les pauvres, mais aussi les soutiens de l'État confinés dans la poussière des bureaux, se nourrissent mieux et d'une manière plus appropriée.

On sait depuis longtemps qu'on expire plus d'acide carbonique pendant le froid de l'hiver et dans le Nord, que pendant les ardeurs de l'été. Schönbein nous a expliqué ce phénomène d'une manière satisfaisante. Autrefois on croyait en donner la clef en disant qu'en hiver l'air froid étant condensé contenait, sous le même volume, un plus grand poids d'oxygène qu'en été. Donders, au contraire, a déjà fait justement remarquer que l'air inspiré s'échauffe trop vite pour qu'on puisse admettre qu'en hiver il pénètre réellement dans les vésicules pulmonaires plus d'oxygène qu'en été (1).

Mais il est évident que si, au lieu d'absorber une plus grande quantité d'oxygène, les poumons pouvaient absorber un oxygène plus actif, il arriverait le même résultat, c'est-à-dire : une combustion plus prompte des éléments histogènes et des substances du sang. Or, Schönbein nous a fait connaître cet oxygène plus actif.

L'oxygène agit d'une manière incomparablement plus énergique, quand il est excité par la lumière, les décharges électriques, le phosphore ou d'autres substances. D'après les recherches de Baumert, cet oxygène excité est accompagné d'une combinaison d'hy-

(1) Donders, *Der Stoffwechsel als die Quelle der Eigenwärme bei Pflanzen und Thieren*. Wiesbaden, 1847, 65-67.

drogène avec une très-grande quantité d'oxygène, mais qui abandonne très-facilement cet oxygène; ce dernier se combine directement avec l'azote pour former de l'acide nitrique et met en train des combustions que l'oxygène ordinaire ne peut opérer. Prenons une feuille de papier non collé, colorons-la en jaune avec du sulfure d'arsenic (1), appliquons exactement sur elle une feuille découpée de papier noir qui la recouvre par places, tandis que le reste demeure exposé à la lumière solaire; les places éclairées par la lumière seront décolorées au bout de quelques semaines. Si nous enlevons le papier noir, les places qui étaient éclairées par le soleil trancheront en blanc sur le fond jaune qui s'était trouvé dans l'obscurité. En fixant les yeux sur la feuille on voit bientôt les places blanches des caractères d'impression, par exemple, former une image violette. L'oxygène excité par la lumière a brûlé le sulfure d'arsenic et donné naissance à de l'acide arsénieux et à de l'acide sulfureux (Schönbein).

Or, d'après Schönbein, l'air contient plus d'oxygène excité en hiver qu'en été. Abstraction faite des autres causes qui exercent de l'influence sur la marche des mouvements respiratoires, cette quantité plus grande d'oxygène excité pendant l'hiver doit avoir pour résultat un échange de matières plus rapide, et un accroissement de l'acide carbonique expiré. C'est, en effet, ce que Vierordt a trouvé pour l'homme (2).

(1) Orpiment. Dissous dans la potasse ou l'ammoniaque.

(2) Vierordt, *Physiologie des Athmens.* Karlsruhe, 1845, 76-82. Chez les grenouilles le rapport qui existe entre la température et l'acide carbonique expiré pour le même poids du corps, dans la même

Voilà pourquoi on supporte dans le Nord la viande, la graisse et l'huile de baleine, tandis qu'entre les tropiques, on n'a qu'à faire usage d'un régime où la viande prédomine, pour être atteint de dangereuses maladies du foie. Les habitants des climats chauds ne peuvent brûler des repas copieux de viande.

Liebig s'est laissé aller à commettre une erreur remarquable, en voulant faire de l'eau-de-vie la compensation de ce qu'il y a de désavantageux dans la viande. « Voilà pourquoi, dit-il, les hommes qui mangent de » la viande ont une inclination instinctive pour l'eau- » de-vie (1). »

Le désavantage de la viande ne provient pas de la trop faible résistance qu'elle oppose à l'oxygène, mais au contraire de ce que l'albumine et la graisse de la viande ont besoin de plus d'oxygène que l'homme n'en inspire dans le Sud. Or, d'après les belles recherches de Vierordt, l'usage des boissons spiritueuses diminue la quantité d'acide carbonique expiré. En outre une partie de l'acide carbonique expiré dans ce cas provient de l'alcool du vin et de l'eau-de-vie. Tandis qu'il aurait fallu donner à la viande et aux éléments histogènes qu'elle fournit plus d'oxygène, il arrive, au contraire, que l'usage de l'eau-de-vie enlève à la graisse et à l'albumine du corps une partie de l'oxygène inspiré. C'est ce qui fait que l'eau-de-vie est

unité de temps, à la même lumière, est autre. J'ai trouvé à Zurich, avec mes élèves G. Meier et J. Neukomm, que la quantité d'acide carbonique expiré par ces animaux s'élève avec la température entre — 4° et 33° cent. *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, II, 315 et seq.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 615.

utile dans le Nord où l'on se nourrit de viande. Il se développe en particulier de la chaleur propre par la combustion de l'alcool, sans que la graisse brûle elle-même; or, la graisse conduisant mal la chaleur, protége le corps contre le froid, quand elle est accumulée sous la peau. Au contraire, dans le Sud, le désavantage d'une nutrition exubérante produite par la viande s'augmente encore quand on fait en même temps usage de boissons spiritueuses. Les tissus et le sang s'imprègnent de graisse d'une manière morbide, parce que l'alcool, qui passe dans le sang, met obstacle à l'action de l'oxygène sur la graisse. Si un Chinois se mettait à consommer à Java, même en quantité modérée, de la chandelle et de l'eau-de-vie, comme le fait un Samoyède, il périrait infailliblement.

Ce n'est pas parce que le vin est un *aliment respiratoire* qu'on peut prendre beaucoup moins d'aliments farineux en faisant usage de vin, que lorsqu'on n'en boit pas (1). Mais c'est parce que dans le premier cas nous expirons moins d'acide carbonique, et qu'il y a moins d'acide urique brûlé et amené à l'état d'urée, en un mot, que nous éliminons moins. Nous consommons moins de substances adipogènes parce que nous perdons moins d'acide carbonique. Et c'est justement parce que la graisse a besoin de beaucoup d'oxygène pour brûler, et que le vin, tout en prenant une partie de cet oxygène, diminue encore la quantité de l'acide carbonique expiré (2), qu'on perd le goût

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 604.

(2) Vierordt, *Physiologie des Athmens*. Karlsruhe, 1845, 93, 94.— Scharling, *Journal für praktische Chemie von Erdmann und Marchand*, XLVIII, 439 et seq.

du vin, quand on prend beaucoup d'huile de foie de morue.

Par conséquent, il est clair comme le jour que Liebig se trompe quand il dit que : « Lorsque un ouvrier ne » gagne pas en travaillant ce qui lui est nécessaire pour » acheter la quantité d'aliments indispensables à la » restauration complète de sa force productive de tra- » vail, il est contraint par une nécessité naturelle, » inflexible, inexorable, d'avoir recours à l'eau-de-vie. » Il faut qu'il travaille, mais tous les jours il perd une » certaine quotité de la force productive de travail par » l'insuffisance de sa nourriture. L'eau-de-vie, par son » action sur les nerfs, le met en état de compléter ce » qui manque à sa force, *aux dépens de son corps*, de » dépenser le jour même la portion qui naturellement » n'aurait dû être employée que le lendemain. L'eau- » de-vie est une lettre de change tirée sur la santé, » qu'il faut toujours renouveler parce qu'on n'a pas les » moyens de la payer. L'ouvrier dévore le capital à la » place des intérêts, d'où l'inévitable banqueroute de » son corps (1). »

Il est inexact de dire que l'ouvrier fait banqueroute, alors qu'il soutient avec de l'eau-de-vie son sang, le conservateur de ses tissus. Par ce moyen, bien loin de dépenser davantage d'albumine et de graisse, il en épargne. Je reviens là-dessus ; les expériences de Scharling, aussi bien que celles de Vierordt, ont démontré que l'usage des boissons spiritueuses diminue la quantité d'acide carbonique que l'homme expire dans un temps donné. Ainsi donc *la quantité qui naturellement n'aurait dû être employée que le lendemain*, ne *se dépense pas le*

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 605.

jour même. Au contraire, les dépenses du corps se modèrent, mais aux dépens de la force et, en définitive, aux dépens de la bourse. L'esprit-de-vin fait épargner les tissus, mais il y a quelque chose de mieux que de les épargner, c'est de veiller à les renouveler et à déployer leur force en les renouvelant. Si l'ouvrier le pouvait toujours, il prendrait de la viande au lieu de porter la main à la bouteille. Là où Liebig a incontestablement raison, c'est quand il dit qu'une nécessité naturelle, inflexible, inexorable, contraint, dans l'état actuel, l'ouvrier à recourir à l'eau-de-vie parce que le plus souvent sa nourriture est insuffisante.

Je ne sais si George Sand et Liebig ont puisé à la même source, quand ils donnent l'un et l'autre au vin le nom de lait des vieillards (1). Il est certain qu'ils ont raison tous les deux. Le caractère de l'échange des matières chez le vieillard, c'est un défaut de proportion entre la recette et la dépense. Tandis que la respiration, la désassimilation et l'élimination persistent quoique affaiblies, la digestion, la sanguification et la nutrition souffrent beaucoup plus. L'épargne de la matière et de la force est une question vitale pour le vieillard, puisque le renouvellement du corps n'est plus en équilibre avec les phénomènes de la décomposition. Mais le vin modère les dépenses, diminue l'acide carbonique qu'on expire, l'acide urique qui se brûle, et passe à l'état d'urée. Un bon vin vieux, pris à doses modérées, accroît en outre la quantité de suc gastrique, le liquide qui opère principalement la digestion des matières albumineuses. Hufeland préconise un verre de bon vin

(1) George Sand, *le Piccinino*. Bruxelles et Leipzig, I, 77. — Liebig, *Chemische Briefe*, 603.

de Malaga, comme un excellent moyen de procurer le sommeil aux personnes d'un âge avancé. N'a-t-on pas raison d'appeler le vin le lait des vieillards, puisqu'il favorise leur digestion, leur sommeil, leur sanguification et la formation de leurs tissus, et que, d'autre part, il économise la substance en modérant la respiration?

Dans les hospices où l'on soigne les personnes avancées en âge, on ne peut pas plus se passer de bon vin vieux que de bon lait dans les maisons d'enfants trouvés.

L'importance du café et du thé pour le corps de l'homme ne se montre pas d'une manière aussi évidente. Cependant Prout a trouvé que le thé fort diminue la quantité d'acide carbonique expiré; et tout récemment Julius Lehmann a confirmé les résultats obtenus par Böcker, à savoir : que la théine diminue l'élimination d'urée (1).

La comparaison que Liebig fait du café et du thé avec le bouillon de viande ne repose sur rien, pas plus pour le chimiste que pour le physiologiste. La raison de leur analogie est, d'après Liebig, le peu de différence qu'il y a entre la composition chimique de la créatinine et celle de la théine (2). Mais cette analogie n'est qu'extérieure, celle de l'acide formique et de l'acide butyrique est plus grande, et cependant l'acide formique n'est d'aucune utilité pour le corps. Quand même il serait possible de transformer la théïne en créatinine, en exerçant sur elle des actions relativement peu impor-

(1) Julius Lehmann, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVII, 211-217. Voy. Böcker, *Archiv des Vereins für Wissenchaftliche Heilkunde von Beneke, Nasse und Vogel*, I, 234 et seq.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 608, 609.

tantes, le physiologiste n'en pourrait tirer pour le thé une conclusion de quelque valeur, puisque la créatinine est un produit de désassimilation, et se décompose promptement en urée et autres substances, ou est rejetée elle-même du corps avec l'urine comme une impureté. Il ne faut pas attribuer de valeur nutritive au thé ni au café.

Mais la mauvaise explication que Liebig a donnée de l'immense valeur du café et du thé, ne peut la diminuer en rien. La pratique a jugé cette question.

On a si souvent répété que les substances caractéristiques du thé et du café sont identiques, que la théine n'est que de la caféine déguisée sous un autre nom, qu'on doit supposer ce fait connu de tous les gens du monde. Eh bien! ajoutons que les habitants du Brésil et du Paraguay ne peuvent se passer de maté ou thé de Paraguay, et que ce même thé de Paraguay contient encore de la théïne au dire de Stenhouse.

Assurément, pour introduire de la créatinine dans le corps nous n'avons pas besoin de théïne, d'une substance dont on n'a jamais pu rendre seulement probable la transformation en créatinine. Quiconque en a fait l'épreuve sait qu'avec le plus fort bouillon de viande on ne peut pas remplacer les effets du café ni ceux du thé.

Le café et le thé exercent sur l'activité du cerveau une action qu'on ne peut méconnaître (1). Comment cette influence s'exerce-t-elle, c'est-à-dire quelles mo-

(1) Moleschott, *Lehre der Nahrungsmittel für das Volk*. Erlangen, 1850, 146-148.— *De l'alimentation et du régime*. Paris, V. Masson, 1858, p. 169.

difications matérielles le café et le thé produisent-ils dans le cerveau ? Nous ne le savons pas encore. Mais il est manifeste que le besoin né d'une affinité élective de l'humanité pour le café et le thé est devenu d'autant plus évident et plus général, que les exigences intellectuelles imposées par la civilisation des temps à notre génération tout entière se sont plus accrues. Qu'on appelle instinct cette affinité élective, et l'on exprimera d'une manière tout à fait exacte que l'individu ne connaît rien des causes qui le produisent. Je ne pense pas pour ma part que Donders ait, en réalité, amoindri la puissance du besoin, en essayant de prouver que l'instinct, qui pousse l'homme à se servir de sel de cuisine et de boissons excitantes, n'est point inné, mais acquis (1). L'instinct de l'homme est une grandeur éternellement comprise dans le devenir; et à chaque moment de l'histoire, elle a toute la valeur que lui donne la portée de ses causes. Aussi la force, avec laquelle l'instinct acquis nous domine, est-elle la même que celle que nous attribuons à l'instinct inné. Quand le savant philosophe peut rapporter l'instinct à des causes raisonnables, l'instinct s'éternise; au contraire, il est peu à peu vaincu, si l'on peut démontrer qu'il provient d'une habitude irrationnelle. La question de savoir si l'instinct est inné ou acquis n'a aucune importance pour le problème que nous nous occupons ici à résoudre, puisque le fait même qu'il y a un instinct acquis nous témoigne que l'instinct inné peut être détrôné, tandis que la force de l'éducation peut conférer à l'instinct acquis le sceau de la domination.

L'activité morale et intellectuelle de l'espèce humaine

(1) Donders, *Die Nahrungstoffe*, 61 et seq., 81, 88.

croît constamment. Pour la nutrition on n'avait pas besoin de café ni de thé; il faut le répéter, ces boissons ne contiennent qu'une quantité insignifiante de substances alimentaires. Et pourtant, à présent, le pauvre a besoin de café comme le riche, tandis qu'avant le XVIIe siècle, le riche pas plus que le pauvre n'en sentaient la nécessité. Il est facile de dire : achète de la viande au lieu de café. Nous nous excitons les uns les autres moralement et intellectuellement. Le café, comme le bateau à vapeur et le télégraphe électrique, met en circulation une série de pensées, donne naissance à un courant d'idées, de fantaisies, d'entreprises qui nous emporte tous avec lui. Qui donc serait assez fort dans son individualité, qui aurait le droit de se priver des excitants qui ont soulevé cette marée montante? Qui pourrait rester à jeun et ne rien perdre dans un temps, qui anéantit l'individu pour développer la masse? Ne nous plaignons pas de ce que le siècle est nerveux, de ce que les hommes sont irritables. Cherchons à comprendre cette irritabilité et à nous en rendre maîtres, comme nous pourrons.

Dans bien des cas, il est vrai, cette affinité élective intime qui relie l'homme aux produits de la nature le pousse à se donner des jouissances dont il pourrait se passer. Mais au fond on peut y reconnaître l'empire légitime des conditions matérielles qui dans bien des cas fait que les hommes, sans qu'ils s'en doutent, et dans des lieux très-divers, se donnent et conservent sous les formes les plus variées la même habitude. Qui eût pu soupçonner il y a quelques années que la même substance (la coumarine), que les amateurs de tabac à priser estiment dans la fève de Tonka, n'était autre que celle qui flatte notre odorat, quand

nous foulons une prairie fraîchement fauchée, que c'était cette même substance qui rend si agréable le thé de Bourbon, le faham, aux habitants de l'île Maurice, que c'était encore elle qui au mois de mai parfume notre vin du Rhin, qui inspira à Roquette son conte charmant du *Voyage de noces du muguet des bois* (1). Bleibtreu a même, à l'aide de la matière odorante du muguet des bois, sans se servir de cette plante, préparé un vin de mai agréable pour des professeurs de l'université de Bonn, qui s'y connaissaient.

C'est un fait bien connu que de toutes les fonctions de l'homme, celle qui trouble le plus facilement la tension de l'esprit, c'est la digestion. J'ai déjà eu l'occasion de déplorer la fréquence d'un vice de la sanguification qui a pour caractère l'existence d'une trop petite quantité de matière colorante et de fer dans le sang. En examinant comme il faut ce fait, on découvre des origines d'un appauvrissement matériel profond du corps de l'homme. Il sera plus difficile d'en triompher que de la misère de certaines classes du peuple dont le salut dépend de la sagesse de l'avenir.

La digestion et la sanguification dépendent en première ligne de la quantité de liquides digestifs qui se déversent dans l'estomac et l'intestin. Tous les aliments accessoires qui accroissent la quantité de salive ou de suc gastrique doivent donc favoriser la digestion. C'est un fait qui tient à l'état d'une grande partie de

(1) Guillemette a trouvé la coumarine dans le *Melilotus officinalis;* Bleibtreu, dans l'*Anthoxanthum odoratum;* Guibourt, Boutron et Boullay, dans la fève de tonka du *Dipteryx odorata;* Kossmann et Bleibtreu, dans le muguet des bois, *Asperula odorata*. Voy. *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und Thieren*, 343.

l'espèce humaine que nous avons indiqué plus haut, et qui mérite toute notre attention, que l'usage de certaines épices se propage avec la culture de l'esprit. On trouve une satisfaction toute particulière dans cette idée, qui sans doute se présente à nous sous beaucoup d'autres formes, que très-souvent les moyens de se procurer une bonne chère marchent dans un accord intime avec des besoins profonds. On apprend même à ne pas mépriser la satisfaction que le palais réclame impérieusement, si l'on ouvre les yeux sur la nécessité naturelle qui la produit.

J'ai déjà examiné dans cette lettre ce que vaut le sel de cuisine pour la digestion. Le sucre, le poivre, la moutarde, le fromage et la cannelle augmentent de même la quantité de suc gastrique, et, par conséquent, favorisent la sanguification.

Sans doute il n'y a pas de règle qui ne devienne funeste quand on en exagère l'application. La mesure dépend des circonstances. La grande quantité de poivre et d'autres épices échauffantes, qui dans l'Inde relève les organes digestifs faibles, détruirait les forts dans notre climat. Et tandis que le vieillard a de bonnes raisons pour exciter son estomac affaibli en faisant un usage modéré d'épices, le jeune homme vigoureux se prive de la consolation de sa vieillesse quand il en abuse dès le principe.

L'estomac trouve souvent un soulagement dans les principes aromatiques du café qui, lui aussi, augmente la sécrétion du suc gastrique. En outre, le café favorise les mouvements de l'intestin, tandis que le thé fort opère le contraire. Quand Liebig déduit l'opinion opposée de l'action de ces boissons sur les organes digestifs faibles, en faisant, il est vrai, la remarque gé-

nérale que les organes digestifs forts *ne sont pas des réactifs pour de semblables effets* (1), il fonde la règle sur l'exception.

C'est par le café, le thé, le vin et les épices, c'est par les désirs sensuels et les inclinations de l'homme, que s'exprime partout la tendance active qui pousse à accroître l'activité cérébrale afin de la porter à un degré qui souvent, il faut le dire, va jusqu'à l'état d'ivresse. L'effet que nous fait éprouver le vin, et au marin l'eau-de-vie, l'opium le procure au Persan, les pastilles de haschisch à l'Arabe, qui les mange ou les fume, et le poivre enivrant aux habitants des îles de la mer du Sud, et malheureusement en général l'effet en est pire. Les Kamtschadales et les Tongouses s'enivrent avec leur agaric rouge, et les serviteurs qui veulent éprouver les mêmes effets ne dédaignent pas de boire l'urine de leurs maîtres.

S'il est vrai que les épices favorisent la digestion, si le pain de recoupe, les fruits, et en particulier quelques figues, après lesquels on boit le matin à jeun de l'eau froide, accélèrent les évacuations; si les raves, les radis, les poireaux, la vanille, excitent les plus violents appétits sensuels, si le vin, le thé et le café exercent leur empire sur l'état du cerveau, j'ai eu bien raison de donner à cette lettre le titre qu'elle porte. Si donc la matière gouverne l'homme, la connaissance de nos rapports matériels est une tâche qu'il faut se mettre instamment à accomplir. Voilà pourquoi la chimie étend son sceptre sur toutes les autres sciences naturelles. La physiologie n'a affaire à rien autre qu'à la chimie et à la physique du corps vivant.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 612.

DIX-SEPTIÈME LETTRE.

LA FORCE ET LA MATIÈRE.

Beaucoup de chemins mènent au même but. Aussi la science expérimentale est-elle souvent menacée de tomber dans l'erreur quand elle se demande à propos d'un phénomène de la nature, quel est le but de son existence. Pour parer à cet inconvénient et se tirer d'affaire, on s'est arrangé une opinion commode ; on a dit que la nature préférait toujours les voies les plus courtes ; et l'on a répété sans cesse le mot favori de Boerhaave : « La simplicité est le signe de la vérité. »

Cette manière de voir était intimement liée à l'hypothèse, que la nature était sagement réglée, on faisait comme les paysans dont parle Riehl, qui ne voyant rien de plus précieux en fait d'habits de gala que leurs blouses, en revêtaient les images de leurs saints à certains jours de fête (1). Longtemps, bien longtemps l'humanité n'a pu s'orienter en présence des mille changements sur lesquels la nécessité naturelle exerce

(1) W. H. Riehl, *Die bürgerliche Gesellschaft*. Stuttgart und Tübingen, 1851, 50.

son puissant empire, qu'en lui prêtant le charme irrésistible d'une personnalité, qui déploie son activité en sentant avec un cœur d'homme, et pensant avec une raison d'homme.

Ces voies courtes, ces moyens simples allaient bien aux idées de finalité. Mais on songeait d'autant moins à prouver que ces voies étaient courtes et que ces moyens étaient simples qu'on rivalisait de sagesse avec la nature personnifiée, quand on devinait les fins des choses. Est-ce bien la sagesse de la nature qu'on admire, quand on lit, par exemple, dans Liebig : « Que la sagesse de la nature a assigné comme nourriture aux » animaux microscopiques les cadavres des êtres orga- » nisés supérieurs, et qu'en créant ces animaux elle a » trouvé un moyen d'opposer au plus tôt une borne aux » effets fâcheux que les produits de la putréfaction et » de la décomposition exercent sur la vie des classes » supérieures du règne animal (1). » N'y avait-il vraiment rien de plus court à imaginer ? Faut-il aussi voir une de ces voies courtes dans cette exaltation puissante que nous remarquons si souvent dans les passions des phthisiques, et qui doit accélérer le plus leur fin ? Et l'aversion des jeunes filles chlorotiques pour la viande qui pourrait seule les guérir, nous oblige-t-elle à reconnaître que la prolongation de la maladie est le but de la nature ?

En vérité quiconque se donnera la peine d'analyser un moment ces idées, les trouvera si absurdes, qu'il lui paraîtra inutile et oiseux de les combattre. On lit aujourd'hui presque dans tous les livres des savants qui pensent la condamnation de ce penchant à admettre les idées de

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 329.

finalité, que Spinoza a déjà si énergiquement blâmées, et que le plus grand penseur de l'Allemagne au siècle passé, George Forster, voulait qu'on rejetât loin de soi comme du *levain aigri*. Mais plus on a pris l'habitude de les combattre, plus il faut craindre les tentatives qu'on fait sourdement pour introduire dans la science l'idée d'une finalité, afin d'éclairer les phénomènes de la nature.

Ne lisons-nous pas dans Liebig, non pas comme une parole jetée au hasard, mais comme une idée fondamentale sur laquelle il bâtit une classification, que les substances alimentaires azotées produisent la force, et que celles qui ne contiennent pas d'azote sont des aliments respiratoires (1)?

Une grande partie des meilleurs manuels est imbue de cette idée, de sorte que la plupart des élèves s'y reposent naïvement sans se douter qu'ils livrent leur raison à un narcotique. Plus il y a d'exemples où la sagacité d'esprit exerce sa séduction, plus il y a de danger, parce que le naturaliste s'habitue insensiblement à regarder comme utile à la recherche un procédé qu'il n'avait d'abord employé que comme un artifice d'exposition. Entre tous, le manuel d'anatomie de Hyrtl peut nous en offrir une quantité d'exemples très-propres à faire ouvrir les yeux sur le danger de cette erreur. Ce manuel, en effet, jouit d'une réputation méritée pour son exposition intéressante et claire, et pour l'impression pittoresque que ses descriptions font sur l'imagination pourvu qu'elle soit un peu exercée.

Nous y voyons à propos des cornets du nez : « Que

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 484.

» signifient ces os qui ne servent à former aucune des » cavités de la tête? » Le voici : « La cavité nasale est » revêtue d'une muqueuse qui porte les nerfs olfactifs. » Il faut que cette membrane se ploie pour que, malgré » le petit espace de la fosse nasale, elle puisse présenter » une grande surface à l'air imprégné des matières » odorantes. Ces plis flotteraient çà et là par le nez pen- » dant l'inspiration et l'expiration, et souvent obstrue- » raient complétement le passage de l'air, s'ils n'étaient » maintenus, en un certain lieu et dans une certaine » direction, par des appuis osseux. Les cornets sont ces » appuis (1). » On peut à la rigueur passer à un brillant professeur cette façon de traiter la nature comme s'il l'avait lui-même fabriquée, c'est ainsi, en effet, qu'on voit les bons lecteurs se donner l'apparence de créer au moment même ce qu'ils lisent à haute voix. Mais cet artifice est plus périlleux quand l'admiration pour la sagesse du plan de la création se mêle au tableau. C'est ce qui arrive quand Hyrtl en vient à donner l'explication suivante à propos de la description de la mâchoire inférieure (2). « Quand on ouvre la bouche, » le condyle de la mâchoire inférieure se porte en » avant et l'angle en arrière, on peut s'en convaincre » facilement en mettant le doigt sur sa propre mâ- » choire. Il doit donc y avoir sur l'axe vertical de la » branche de la mâchoire un point qui ne change pas » de situation pendant ce mouvement. Ce point cor- » respond au trou maxillaire interne. *On voit avec quelle » prudence a été choisie la place de ce trou*, puisqu'il

(1) *Hyrtl's Lehrbuch der Anatomie*, zweite Aufl., 2[te]. Abdr. Wien, 1851, 207.

(2) Id., *ibid.*, 210.

» n'y avait que ce moyen d'éviter que les nerfs et les » vaisseaux, qui y entrent, ne fussent déchirés pen- » dant les mouvements de la mastication. » C'est avec ces considérations doctrinaires sur l'élection prudente et les dispositions prises par la nature, qu'on fait le pas décisif, et qu'on emploie avec un arbitraire vaniteux la convenance de la structure de l'organisme telle qu'on prétend la reconnaître, afin d'expliquer les organes et leurs parties. « On a recherché autrefois l'utilité mé- » canique des valvules des veines », dit Hyrtl, « dans » ce fait que dans les veines, où le sang coule en sens » inverse de la pesanteur, comme dans les membres » inférieurs, elles doivent servir d'appuis à la colonne » sanguine pour l'empêcher de refluer. Cependant » comme les veines, où le sang s'élève contrairement » à l'action de la pesanteur, n'ont pas toutes des val- » vules, par exemple la veine porte, et que d'autres, où » la direction du courant sanguin est la même que celle » de la pesanteur, sont pourvues de valvules, par exem- » ple celles du visage et du cou, *la force de la pesan- » teur ne peut pas seule expliquer la présence des valvules.* » C'est bien plutôt la pression que la fine membrane » des veines a à supporter de ce qui l'entoure, et » en particulier des muscles qui s'épaississent positi- » vement en se contractant, qu'il faut invoquer pour » expliquer la formation des valvules (1). — S'il y a de » la moelle dans les os, ce n'est pas seulement parce » qu'elle rend les os plus légers », est-il dit ailleurs, « l'os » serait encore plus léger s'il ne contenait pas de dépôt » de graisse, comme cela arrive chez les oiseaux dont

(1) Hyrtl, *loc. cit.*, 105.

» les os sont pleins d'air (1). » — Ou encore « on sait que » les os contiennent beaucoup de chaux, donc la petite » quantité de chaux que renferme le sang explique l'a- » bondance des vaisseaux du périoste (2). » On voit que cette façon de faire se réduit à l'habileté avec laquelle l'observateur de la nature peut deviner les desseins de son Créateur. Mais cette divination n'est pas moins contraire à l'esprit de la science que la foi elle-même. L'une et l'autre attendent leur salut non d'une recherche régulièrement conduite, marchant d'un pas tranquille, mais d'une illumination soudaine qui peut être, pour l'une et pour l'autre, également bien désignée par le nom de révélation. Le mal est que les partisans des deux systèmes donnent leur procédé comme un moyen de trouver la vérité. Ils se dissimulent le fait que la recherche finit dès que la révélation garantit une explication, en accusant d'outrecuidance le savant qui ne se fie pas à ses expédients. Ils se donnent des airs de pontifes favoris, ou d'amis intimes de leur Créateur, et veulent faire croire qu'ils jouissent de sa grâce ou de sa confiance.

Quand j'ai dit plus haut qu'il était dangereux que l'intuition anticipée d'un but qu'il faut atteindre se glissât dans la science sous la forme de tentatives d'explication, pour ainsi dire en dépit de notions meilleures, je pensais à autre chose qu'à l'occasion d'une erreur où tombent des savants laborieux dans leurs recherches. A ces idées de finalité se lie intimement celle que toutes les propriétés des corps sont surajoutées à la matière.

(1) Hyrtl, *loc. cit.*, 150.
(2) Id., *ibid.*, 116.

Cette manière de voir nous vient d'Aristote, mais il est difficile de l'exprimer avec plus de grâce que Liebig ne l'a fait, quand il dit : « Les propriétés des choses corpo-» relles seraient, si je puis ainsi m'exprimer, comme les » couleurs dont le peintre se sert pour donner à une toile » blanche les qualités d'un tableau, ou comme les » habits qu'on met et qu'on quitte, et qui donnent à » l'homme sa tournure (1). »

C'est là que prend naissance un dissentiment qui a déjà remué le monde et qui vraisemblablement éclatera avec une violence subversive, longtemps après que les connaissances scientifiques l'auront aplani d'une manière satisfaisante. En effet, le rapport des propriétés avec la matière est le critérium de notre idée de la force.

Quiconque ne voit dans tous les mouvements des corps de la nature que des moyens pour atteindre un but, arrive d'une façon toute logique à la notion d'une personnalité, qui, dans ce but, confère à la matière ses propriétés. Cette personnalité désignera aussi le but. S'il en est ainsi, si une personnalité désigne le but et choisit les moyens, la loi de la nécessité disparaît de la nature. Chaque phénomène devient le partage du jeu du hasard et d'un arbitraire sans frein. La science finit; la foi commence.

On donne le nom grec de *téléologie* au point de vue qui sert à expliquer la nature par des fins. Ce mot rapelle celui de théologie, et ce n'est pas un simple effet de consonnance. La téléologie et la théologie vivent sur la même racine.

On n'a jamais observé une matière sans propriétés, et

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 82.

partant elle est inconcevable. Partout la matière est pesante, elle remplit l'espace, elle est susceptible de mouvements. Ces propriétés n'existent pas plus sans la matière que la matière sans elles. Le temps est à jamais passé où l'on pouvait séparer et unir à volonté la matière, le poids, l'étendue et le mouvement pris comme des idées abstraites. L'idée d'une propriété sans matière manque de toute réalité. Il y a dans Liebig un passage si remarquable à ce point de vue, que je ne puis m'empêcher de le citer : « A l'avénement de la balance, » le règne d'Aristote prit fin; sa méthode, qui consistait » à faire un jeu d'esprit de l'explication des phéno- » mènes, fit place à la vraie science de la nature (1). »

Partout où deux matières sont assez rapprochées l'une de l'autre, elles exercent une action l'une sur l'autre. Cette action se manifeste comme phénomène de mouvement. Un des caractères les plus généraux de la matière est de pouvoir, dans des circonstances propices, se mettre elle-même en mouvement comme de faire mouvoir d'autres matières.

Il est infiniment fréquent que ces mouvements s'étendent sur un espace si petit que la distance parcourue par le mouvement ne peut être mesurée. Par exemple, quand de l'hydrogène brûle, la distance, que l'hydrogène et l'oxygène parcourent pour se combiner entre eux et former de l'eau, est d'une petitesse qu'il n'est pas possible de mesurer. Il en est de même de toutes les attractions chimiques, qui supposent toujours une hétérogénéité de la matière.

Quand l'eau chaude se refroidit, les molécules de l'eau se rapprochent les uns des autres. Nous avons

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 166.

affaire à un phénomène de mouvement qui s'étend à un espace mesurable. Le changement d'état des molécules d'eau est tel que tous les corps qui viennent au contact de l'eau éprouvent une condensation. On a mesuré cette condensation pour le mercure, et appelé zéro le degré de condensation du mercure qui correspond à la congélation de l'eau. La sensation que le mercure, l'eau et l'air font alors sur les nerfs de notre peau, nous l'appelons froid.

Il est évident que le froid désigne un état de la matière qui se manifeste, par rapport aux autres corps, sous forme de condensation. Ce n'est que par l'effet de notre éducation scolastique, qui nous donne artificiellement l'habitude des idées abstraites, que nous voyons dans le froid une force qui se combine avec la substance de l'eau et en conséquence produit la glace. Le froid est un état des molécules de la matière où le mouvement se ramène à une petite mesure.

Quand nous mettons de l'eau sur un fer chaud, les molécules entrent dans un état supérieur de mouvement. L'eau devient vapeur. Il est clair que la dilatation du fer, qui a pour cause un mouvement de ses molécules, se transmet aux molécules de l'eau.

Que l'on puisse ou non mesurer la distance parcourue par la matière en mouvement, ce n'est jamais que par un mouvement que la force se manifeste. Les forces ne peuvent se manifester que par un mouvement dans l'espace et le temps.

Nous ne faisons rien moins qu'une simple hypothèse quand nous disons que les forces se mesurent par leurs effets, par les phénomènes de mouvement qu'elles provoquent ; car à l'exception de ces faits nous ne savons rien des forces.

Toute manifestation des forces, tout effet suppose un sujet passif.

Quand je dis que l'huile de vitriol ou acide sulfurique possède la force de dissoudre l'oxyde de fer, cela ne veut pas dire autre chose que l'oxyde de fer est soluble dans l'huile de vitriol. Et il n'y a pas là une simple transposition de la pensée comme dans la célèbre proposition de Descartes : « Je pense, donc je suis. »

Voici comment il faut concevoir la chose : l'oxyde de fer a de l'affinité pour l'acide sulfurique, l'acide sulfurique pour l'oxyde de fer, exactement comme toutes les bases chimiques ont une affinité pour les acides. De son côté le sulfate de fer est soluble. Voilà pourquoi l'acide sulfurique a la force de dissoudre le fer.

Cette force n'est pas autre chose qu'une propriété de la matière.

Partout où nous observons un phénomène de mouvement dans la matière, c'est une propriété de la matière qui est la cause de ce mouvement. De même que la glace n'est que de l'eau dont les molécules sont réduites à des mouvements de petite étendue, de même la vapeur est encore de l'eau dont les molécules se trouvent dans l'état de mouvement le plus étendu. Les molécules de la vapeur d'eau s'écartent en tous sens les unes des autres. La vapeur communique son mouvement à d'autres corps. L'écartement des molécules est une propriété de la vapeur d'eau.

C'est justement la propriété de la matière qui rend son mouvement possible, que nous appelons force.

Les éléments ne manifestent leurs propriétés que par rapport à d'autres ; si ces corps ne sont pas convenablement rapprochés et sous des circonstances propices, ils ne manifestent ni répulsion ni attraction.

Il est évident que la force ne fait pas défaut dans ce cas, mais elle se dérobe à nos sens parce qu'il manque l'occasion du mouvement.

Partout où il y a de l'oxygène il a de l'affinité pour l'hydrogène et le potassium. Mais si l'oxygène se combine avec l'hydrogène ou avec le potassium, cela dépend surtout de ce que l'hydrogène et le potassium sont près de lui.

La propriété qu'a l'oxygène de pouvoir se combiner avec l'hydrogène existe toujours; sans elle il n'y a pas d'oxygène. S'il était possible de séparer cette propriété de l'oxygène, l'oxygène ne serait plus l'oxygène.

Après que les deux substances, qui étaient auparavant séparées, se sont combinées l'une avec l'autre, les propriétés de la combinaison sont le produit des forces coopérantes. Aussi faut-il une recherche plus rigoureuse pour reconnaître l'hydrogène et l'oxygène dans leur combinaison, dans l'eau. Néanmoins les forces de l'eau, par exemple, la faculté qu'elle a de dissoudre le sucre ou le sel de cuisine ou de se combiner avec l'acide sulfurique en dégageant de la chaleur, ne sont pas autre chose que ses propriétés; et ces propriétés sont le produit pur de la réunion des propriétés de l'hydrogène et de l'oxygène.

Dans aucun cas la propriété ne vient de dehors; ou bien les matières agissent directement l'une sur l'autre, par exemple quand le fer se rouille à l'air humide, phénomène où le fer se combine avec l'oxygène et l'eau; ou bien il faut l'intervention d'une troisième substance. Le sulfate de magnésie et le phosphate de soude à l'état sec n'agissent point l'un sur l'autre. Qu'on ajoute de l'eau aux sels secs, il naît du sulfate de soude et du phosphate de magnésie. Le dernier se sépare sous forme

de précipité, qui devient encore plus complet si l'on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque. L'eau est le véhicule de la propriété qui permet au sulfate de magnésie d'agir sur le phosphate de soude. L'ammoniaque est le véhicule de la propriété qui active la séparation du phosphate de magnésie. Un précipité blanc, floconneux de phosphate ammoniaco-magnésien prend naissance.

La force n'est pas un Dieu qui pousse, ce n'est pas une essence des choses séparées du principe matériel. Elle est une propriété inséparable de la matière, inhérente de toute éternité à la matière.

Il est assez étrange qu'il y ait tant de savants qui ne se doutent même pas de cette proposition. Mais ce qui est encore plus fréquent, c'est qu'ils ne la comprennent pas. En effet, ce n'est pas la comprendre, ce n'est pas en faire son sang et sa chair, que de ne pas lui rester fidèle dans l'application.

C'est pour cette raison que l'on entend des physiciens, des chimistes et des physiologistes subtiliser sur l'essence des choses, comme si cette essence était un esprit caché dans la matière qu'il gouverne, comme si pour être en état d'expliquer tous les phénomènes de la chose avec une espèce de baguette magique il ne s'agissait que de fixer cette essence dans une formule. Il est bizarre que cette faute soit commise par des savants qui dans leur haute sagesse jugent d'un ton tranchant les efforts des philosophes. Ce n'est pas seulement dans le domaine de la foi, c'est encore dans celui de la science que l'homme poursuit avec le plus grand fanatisme la croyance qui a le plus d'analogie avec la sienne.

Nous rencontrerons plus tard une de ces essences, la force vitale, qui, dit-on, gouverne les propriétés de la matière. Mais nous n'avons pas besoin d'aller si loin.

« Ce que le point d'ébullition est en soi et pour soi, » dit Liebig, « nous est aussi inconnu que la notion » de la vie (1). » Et cependant, quelques pages plus haut, on peut lire, dans Liebig, ce que c'est que ce point d'ébullition : « On sait que tout liquide entre » en ébullition dans les mêmes conditions à un de- » gré invariable de température. Ce fait est si con- » stant, que nous pouvons donner le point d'ébullition » d'un liquide comme une de ses propriétés carac- » téristiques. La pression extérieure est une des condi- » tions de la température constante, à laquelle il se » forme des bulles de vapeur à l'intérieur du liquide. » Quand cette pression varie, pour tous les liquides... » le point d'ébullition change ; il monte ou baisse, si la » pression devient plus grande ou plus petite. A chaque » température d'ébullition correspond une pression dé- » terminée, à chaque pression une température déter- » minée »(2). Bref, le point d'ébullition d'un liquide est le degré de chaleur auquel, sous une pression atmosphérique donnée, il se forme des bulles de vapeur dans l'intérieur de ce liquide. Voilà ce qui est pour nous le point d'ébullition. Et comme d'une manière générale le point d'ébullition n'est pas autre chose qu'un rapport du liquide avec l'observateur, ce rapport exprimera aussi, je pense, le point d'ébullition en soi et pour soi. Il est vrai que nous ne savons pas comment d'autres créatures, douées d'autres sens que l'homme et possédant une autre expérience, comprennent le point d'ébullition. Mais cela nous est tout à fait indifférent.

Tous les développements sur l'essence des choses

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 371.

(2) Id., *ibid.*, 367.

reposent sur l'hypothèse fausse des idées innées, ou bien sont des défaites destinées à cacher l'inexpérience de ceux qui ne connaissent pas les propriétés. Dans ce dernier cas se trouvent les gens qui se donnent encore aujourd'hui le nom de philosophes, et qui croient sous ce nom prendre à ferme le domaine de la pensée, comme si elle était le contraire de l'expérience.

L'essence des choses est la somme de ses propriétés et la force est une de ces propriétés.

Mais si la force est une propriété inséparable de la matière, inhérente à la matière de toute éternité, elle doit aussi se modifier avec la matière. Nous arrivons donc à une proposition qui n'est pas moins importante ni moins générale : La composition chimique, la forme et la force ne peuvent se modifier que d'une manière simultanée.

L'accord entre la matière, la forme et la force nous donne une démonstration indirecte, une preuve à l'appui de la proposition que la force est une propriété de la matière.

« Il est clair, même pour les ignorants, » dit Liebig, « que la différence de deux corps dépend soit d'un ar- » rangement différent des éléments qui les composent, » soit d'une différence quantitative dans la composi- » tion (1). »

A première vue, particulièrement dans la nature organique, il semble qu'il se présente une quantité d'exemples de deux corps qui, avec la même composition, possèdent des propriétés très-diverses. Dans tous ces cas cependant l'identité dans la composition n'est qu'apparente.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 383.

Il faut avant tout ne pas oublier que la composition n'est pas représentée simplement par le poids des éléments que renferme un corps, mais qu'elle l'est encore d'une façon tout aussi essentielle par leur arrangement. Il en résulte que, pour qu'il y ait identité de composition, il ne suffit pas que le poids des éléments qui entrent dans la composition d'un corps soient identiques.

Il y a beaucoup de substances organiques qui contiennent le carbone, l'hydrogène et l'oxygène dans les mêmes proportions. Elles paraissent donc avoir la même composition. Mais quand elles se combinent avec une troisième, on trouve que le poids de l'une des substances organiques est double de celui de l'autre. En d'autres termes, les poids des deux substances organiques, qui, chacune de son côté, se combinent avec le même poids d'une troisième, sont différents d'une manière ou d'une autre. Ces proportions sont fixes et invariables pour toutes les combinaisons chimiques. Quand on les rapporte à un troisième corps pris pour unité, on les appelle en chimie *équivalents*.

D'ordinaire on prend l'hydrogène comme unité de mesure pour tous les corps simples.

Ainsi, par exemple, la dextrine et l'acide lactique anhydre contiennent l'une et l'autre, pour chaque partie d'hydrogène, des équivalents égaux de carbone et d'oxygène. Mais quand la dextrine se combine avec l'oxyde de plomb, son équivalent est double de celui de l'acide lactique. La combinaison de la dextrine avec l'oxyde de plomb contient douze équivalents de carbone, tandis que la combinaison d'acide lactique n'en contient que six, et cinq équivalents d'hydrogène et autant d'équivalents d'oxygène de l'acide lactique correspondent à dix équivalents de ces éléments dans la dextrine. Donc

la composition de l'acide lactique et celle de la dextrine diffèrent entre elles, malgré l'égalité des proportions des équivalents. On peut rendre cette différence sensible par la figure suivante, où chaque zéro représente un équivalent des corps simples en question.

	Acide lactique anhydre.	Dextrine.
Carbone......	000000 (6),	000000000000 (12).
Hydrogène....	00000 (5),	0000000000 (10).
Oxygène	00000 (5),	0000000000 (10).

En conséquence, les propriétés de l'acide lactique et de la dextrine diffèrent. L'acide lactique est un liquide sirupeux, la dextrine est un corps solide à cassure conchoïde, à surface polie et d'un éclat mat. L'acide lactique est acide, la dextrine n'est ni acide ni basique. Traitée par l'acide sulfurique, la dextrine se change en sucre; cela n'a pas lieu pour l'acide lactique. Bref, les deux corps diffèrent l'un de l'autre de composition, de forme et de propriétés.

Dans d'autres cas, non-seulement les équivalents de chaque corps simple peuvent être égaux entre eux, mais même leurs sommes le sont dans deux ou plusieurs combinaisons, et cependant celles-ci ne sont pas composées également parce que l'arrangement des éléments n'est pas le même.

Nous connaissons trois corps qui contiennent tous les trois six équivalents de carbone, six équivalents d'hydrogène et quatre équivalents d'oxygène. Ces corps sont : l'*éther méthylacétique* (acétate d'oxyde de méthyle), l'*éther formique* (formiate d'oxyde d'éthyle) et l'*acide acéto-butyrique* (acide métacétonique, propionique). Mais dans ces corps les éléments sont arrangés

d'une manière différente, comme le montrent les tableaux suivants :

1° Éther méthylacétique.

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.
Oxyde de méthyle...	00 (2),	000 (3),	0 (1).
Acide acétique......	0000 (4),	000 (3),	000 (3).
	Carbone 6,	Hydrogène 6,	Oxygène 4.

2° Éther formique.

Oxyde d'éthyle......	0000 (4),	00000 (5),	0 (1).
Acide formique	00 (2),	0 (1),	000 (3).
	Carbone 6,	Hydrogène 6,	Oxygène 4.

3° Acide acéto-butyrique.

Carbone 000000 (6), Hydrogène 000000 (6), Oxygène 0000 (4).

Dans le dernier exemple, ce qui trahit la différence de l'arrangement des molécules, cause de la différence de la combinaison, c'est que l'un des trois corps est seul, tandis que les deux autres se composent de deux groupes, dont les sommes sont égales, il est vrai, mais qui tous les quatre diffèrent entre eux.

Nous n'avons pas toujours le bonheur de soulever avec le même succès le voile qui recouvre les différences de composition. Cependant quand les corps ont une composition simple et des équivalents tout à fait identiques, nous avons encore un autre moyen de résoudre le problème : de la manière dont les deux corps se comportent avec la lumière, nous déduisons l'arrangement de leurs molécules. Un éminent savant français,

Pasteur, est entré dans cette voie. Nous lui devons d'avoir par sa persévérance établi, plus solidement que jamais, le principe de la corrélation de la composition, de la forme et des propriétés dans chaque changement.

Dans les circonstances ordinaires, les ondes de l'éther qui produisent les impressions lumineuses vibrent dans toutes les directions, dans un plan perpendiculaire au rayon lumineux. Il y a plusieurs corps qui, au contraire, donnent aux vibrations du rayon lumineux qui les traverse une direction déterminée; on dit qu'ils polarisent la lumière.

Le plan dans lequel vibre le rayon de lumière polarisée peut même subir une rotation quand il traverse certains corps. C'est justement l'existence ou la direction de cette rotation qui nous donne le moyen le plus délicat de juger de la disposition des molécules. Quand deux corps contiennent tout à fait les mêmes parties proportionnelles des mêmes éléments et qu'ils possèdent les mêmes équivalents, pour que les ondes lumineuses qui les traversent puissent présenter un mouvement différent, il faut que l'arrangement des molécules dans ces deux corps ne soit pas le même.

Il n'y a pas longtemps que les chimistes ont appris à préparer l'acide malique au moyen de l'asparagine, et de la combinaison d'un acide de la fumeterre commune (*Fumaria officinalis*) avec l'ammoniaque, le fumarate acide d'ammoniaque. On crut d'abord que les acides maliques obtenus par chacun des deux procédés étaient identiques; et les nombres proportionnels du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène paraissaient plaider pour cette idée aussi bien que l'équivalent. Vint M. Pasteur qui montra que l'acide malique préparé avec

l'asparagine dévie le plan du rayon de lumière polarisée, et qu'au contraire l'acide obtenu avec le fumarate d'ammoniaque ne le dévie pas. Ces faits firent connaître qu'il y avait une différence dans l'arrangement des molécules des deux corps. On ne manqua pas de trouver des différences dans les propriétés. Ainsi l'acide malique, que l'on obtient à l'aide du fumarate d'ammoniaque, n'absorbe qu'une petite quantité d'eau à l'air humide, tandis que celui qui provient de l'asparagine absorbe lentement de l'eau, mais il en absorbe jusqu'à ce qu'il soit changé en un liquide visqueux.

M. Pasteur appelle *actif* l'acide malique qui dévie le plan de la lumière polarisée, et l'autre *inactif*. Quand on précipite les solutions de ces acides à l'aide d'un sel de plomb, le malate de plomb forme dans les deux cas des cristaux en forme d'aiguilles. Mais tandis que cette cristallisation finit en quelques heures pour l'acide malique actif, il lui faut plusieurs jours pour l'acide inactif (1).

Plus la différence dans la composition est faible, moins les dissemblances dans les propriétés ont d'importance. Toutefois la différence de la composition suppose nécessairement celle des propriétés et réciproquement.

Or, comme il y a beaucoup de corps qui, bien qu'ils contiennent les éléments à poids égal, possèdent une composition différente, il y a aussi beaucoup de corps qui à première vue, avec une composition et des propriétés différentes, paraissent avoir la même forme et cependant ne l'ont pas.

En y regardant de plus près, on voit de plus en plus

(1) Pasteur, *Comptes rendus*, XXXIII, 218. — Biot, dans son excellent rapport sur les travaux de Pasteur, *ibid.*, 560.

clairement qu'il y a aussi dans ces cas des différences petites, mais cependant normales. Sous ce rapport ce sont les substances cristallisables qui présentent le sujet d'étude le plus instructif.

Déjà dans les substances inorganiques, en mesurant plus exactement les angles que forment entre eux les divers plans, on a trouvé que les formes cristallines, considérées jusqu'ici comme identiques, différaient cependant les unes des autres par certains caractères (1). De Sénarmont a attiré l'attention sur beaucoup d'exemples, où l'on voit l'analogie de la forme marcher de front avec celle des rapports avec la lumière, ainsi que l'on pouvait s'y attendre à cause d'une identité *à peu près* complète dans la disposition moléculaire. Il en est ainsi de l'arséniate et du phosphate de potasse, du sulfate de baryte et du sulfate de plomb (2).

Pour en revenir aux cas consignés par M. Pasteur, ils sont de la plus grande importance. Il y a plusieurs années qu'on a trouvé dans une espèce de raisin, outre de l'acide tartrique, un autre acide organique que l'on décrivit sous le nom d'acide racémique. M. Pasteur a montré que l'on pouvait le décomposer en deux acides différents. Ces acides sont identiques à presque tous les égards. Ils se comportent de même avec tous les dissolvants et avec les bases, dévient tous deux le plan du rayon de lumière polarisée, possèdent l'un et l'autre la même forme cristalline et contiennent les mêmes équivalents de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Cependant l'identité n'est pas parfaite, ni pour la composition, ni pour la forme, ni pour les propriétés. En

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 152.
(2) De Sénarmont, *Comptes rendus*, XXXIII, 447.

effet, tandis que l'un de ces acides dévie à droite le plan du rayon de lumière polarisée, l'autre le dévie à gauche sous le même angle. En conséquence, Pasteur distingue deux acides : un dextrogyre et un lévogyre. La manière différente de se comporter avec la lumière, qu'affectent ces acides, nous fait connaître que leurs molécules ne sont pas arrangées de même, et en même temps qu'il y a une différence dans les propriétés, quelque petite qu'elle soit. Ajoutez à cela qu'il manque aux cristaux des deux acides la moitié des faces qui appartiendraient normalement à la forme cristalline dont ils font partie. Du reste, les faces complètes sont réparties entre les deux cristaux, de telle sorte que l'un des acides paraît être l'image réfléchie de l'autre (1).

D'après Pasteur, le malate acide d'ammoniaque cristallise en prismes droits rhomboïdaux. J'ai déjà rapporté que, d'après lui, il fallait distinguer dans l'acide malique deux acides, eu égard à leur façon de se comporter avec le rayon de lumière polarisée, l'un acide actif, l'autre acide inactif, suivant que l'on a obtenu l'acide malique avec de l'asparagine ou avec du fumarate acide d'ammoniaque. Le premier absorbe l'eau de l'air jusqu'à ce qu'il soit transformé en un liquide visqueux; le second, au contraire, n'en absorbe que très-peu. Le sel de plomb de l'acide malique actif cristallise vite, celui de l'inactif très-lentement. Nous savons déjà que ces acides, bien que les poids proportionnels de leurs éléments soient égaux, possèdent néanmoins une disposition moléculaire et des propriétés différentes. L'observation de Pasteur acquiert encore plus d'im-

(1) Pasteur, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, XXVII, p. 72 et suiv.

portance quand on remarque que le bisel ammoniacal cristallisé de l'acide malique actif a quelques faces irrégulières qui manquent au sel de l'acide malique inactif (1).

Parmi les corps inorganiques, nous trouvons d'autant plus souvent de l'analogie dans la orme cristalline que les éléments qui se remplacent l'un l'autre dans le cristal se ressemblent davantage. Ainsi le sel de cuisine ou la combinaison de chlore et de sodium et celle de chlore et de potassium cristallisent l'une et l'autre en cubes. La concordance de la forme cristalline exprime l'analogie extraordinaire du sodium et du potassium, qui l'un et l'autre sont combinés avec le même élément, le chlore. Et cependant dans cette analogie des propriétés il y a une différence, qui correspond à une différence dans la forme. Le chlorure de potassium se fait surtout remarquer par sa tendance à former des prismes rectangulaires allongés.

Tandis que d'un côté nous voyons la plus grande analogie de forme avec des propriétés différentes, et qu'il faut recourir à l'analyse la plus rigoureuse pour reconnaître que la modification dans la forme correspond à la modification de la composition et des propriétés, d'un autre côté il y a des cas où il semble, au premier coup d'œil, qu'une modification de la forme ne dépend pas d'une différence dans la composition et les propriétés. Nous en trouvons un exemple dans le carbonate de chaux qui cristallise une fois en rhomboèdres, comme dans le spath d'Islande, et une autre fois en prismes à six pans, comme dans l'arragonite. D'après Liebig, ces deux minéraux contiennent tout à fait la même quan-

(1) Pasteur, *Comptes rendus*, XXXIII, 219.

tité d'acide carbonique et de chaux (1). Il est clair que, d'après cela, la différence dans la forme cristalline ne peut provenir que d'une différence dans l'arrangement des molécules. Cette idée mérite d'autant plus l'attention que l'on peut, par la chaleur seule, transformer l'arragonite en un agrégat de cristaux de spath d'Islande. Or, comme le spath d'Islande et l'arragonite possèdent chacun une disposition de molécules et une forme cristalline différente, il suffit de rappeler que l'arragonite raye le spath d'Islande, qu'elle a un poids spécifique plus grand, et nous retrouvons l'accord que nous désirons entre la forme, la composition et les propriétés.

D'une manière analogue, de même que nous pouvons, à l'aide de la chaleur seule, transformer la disposition des molécules dans l'arragonite au point qu'elle se désagrége en un tas de cristaux de spath d'Islande, de même nous trouvons le soufre sous deux formes cristallines différentes, le carbone sous deux formes différentes et à l'état amorphe. Ici les dissemblances se présentent dans un seul et même corps simple; aussi n'avons-nous que le parti d'admettre qu'il y a un arrangement moléculaire différent et pour le carbone une densité différente; ou bien d'espérer qu'un jour on démontrera que ces corps, qui aujourd'hui paraissent simples, peuvent être décomposés (2). Quand on compare entre eux le diamant, le graphite et le carbone amorphe, on voit ressortir avec évidence la grandeur du rôle que la densité d'une substance joue dans la production des autres propriétés.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 232.

(2) Id., *ibid.*, 55.

Constamment nous voyons une différence dans la disposition des molécules ou dans les équivalents ou dans les éléments, à la base des différences de forme ou de propriétés. La composition chimique, la forme et la force sont des caractères de la matière, des caractères inséparables dont l'un produit nécessairement les deux autres.

Ainsi la force elle aussi se modifie avec la matière. Nous n'avons pas besoin d'autre chose pour comprendre que la variété des phénomènes vitaux doive être le terme corrélatif de l'abondance des formes que nous observons dans les plantes et les animaux. Après les développements qui précèdent on ne peut plus révoquer en doute que l'amidon insoluble dans l'eau froide, se colorant d'une belle couleur bleue sous l'influence de l'iode, et la dextrine amorphe, soluble dans l'eau, qui prend avec l'iode une couleur rouge de vin, n'aient une disposition moléculaire différente, bien que leur équivalent soit le même et qu'ils contiennent des poids égaux de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Il n'y a rien d'étonnant qu'une cellule végétale présente d'autres formes élémentaires, et qu'en s'unissant à ses pareilles, elle forme d'autres tissus, si dans un cas sa paroi ne se compose que de cellulose pure, et si dans d'autres elle est épaissie par du ligneux, de la subérine, de la pectine, de l'amidon, du mucilage végétal ou de substance cornée (*l'albumen corné des graines*). Nous arrivons à comprendre que lorsque l'albumine se trouve principalement à l'état soluble dans le contenu des cellules, ou que lorsqu'elle se dépose à l'état insoluble dans la paroi des cellules plus vieilles, il y a dans les deux cas une cause qui détermine la forme et les fonctions d'un tissu. Nous découvrirons une nouvelle cause de variété et peut-

être la plus féconde de toutes, en considérant les substances inorganiques qui s'attachent par une affinité constante, tantôt à l'un tantôt à l'autre des éléments histogènes organiques. N'est-il pas naturel que les cartilages et les os diffèrent par leur dureté, leur flexibilité, leur élasticité et leurs autres propriétés, et aussi, en particulier, par la forme de leurs éléments anatomiques, quand on songe que les cartilages contiennent environ sept fois plus d'eau que les os, et que, dans la transformation des cartilages en tissu osseux, les sels alcalins cèdent de plus en plus la place aux sels terreux, que le sel de cuisine et le carbonate de chaux des cartilages disparaissent devant le phosphate de chaux, qui opère la métamorphose du tissu cartilagineux en os?

Nous voyons déjà que la différence originelle des éléments et de leur composition a une fécondité qui suffit à produire la variété de formes que nous admirons à la surface de la terre. Mais ce n'est pas tout. Cette fécondité s'accroît indéfiniment par l'effet des mouvements divers que la matière peut communiquer à la matière. Personne n'aura la vue assez bornée pour voir dans ces actions, qu'une substance exerce sur une autre, des forces qui ne seraient pas liées à un substrat matériel.

Liebig rappelle que le carbonate de chaux, quand il cristallise à froid, prend la forme cristalline, la dureté et le pouvoir réfringent du spath d'Islande; qu'au contraire, lorsqu'il cristallise à chaud, il prend la forme et les propriétés de l'arragonite (1). Nous voyons encore dans Liebig que le sel marin, quand il cristallise

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 222.

à — 10°, entre avec l'eau dans une combinaison chimique; il se forme de beaux prismes transparents, limpides comme l'eau, qui contiennent sur 100 parties en poids plus de 38 parties d'eau; à 0° cette attraction pour l'eau cesse, le sel de cuisine qui cristallise à la température ordinaire, est toujours privé d'eau (1). Nous savons par Grove que le platine porté au rouge est capable de décomposer l'eau aussi bien qu'un courant galvanique.

Mais la chaleur n'est pas une force distincte de la matière, encore moins une substance propre. Nous ne connaissons pas la chaleur, mais seulement des matières chaudes, c'est-à-dire des corps dans lesquels l'arrangement des molécules provient d'un état de mouvement activé d'une façon caractéristique. N'est-il pas évident que ces mouvements doivent aussi modifier la disposition des molécules et les conditions d'attraction, dans d'autres substances auxquelles elles transmettent le mouvement ?

C'est ainsi que la lumière produit une combinaison de l'hydrogène avec le chlore, sous forme d'acide chlorhydrique, une combinaison de l'oxygène avec le soufre et l'arsenic, du sulfure jaune d'arsenic (*orpiment*); elle est la condition du développement des matières colorantes dans les plantes, tous résultats qui ne se produisent pas dans l'ombre. Le nitrate d'argent se décompose à la lumière, une partie de l'oxygène se dégage et la dissolution se noircit, parce qu'il s'en sépare de l'argent métallique. La cause directe de ces décompositions, dit Draper, « c'est qu'un rayon de lumière imprime aux molécules qu'il frappe des vibrations ra-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 231.

pides; par suite, il peut arriver que, dans les molécules, les éléments ne puissent plus rester combinés dans le même groupe. Dans ces cas, les éléments du petit groupe ne peuvent pas se mouvoir d'une manière conforme et dans le même sens. Il en résulte un déplacement, une combinaison ou une décomposition (1). » D'après Chevreul, le bleu de Prusse se décolore dans le vide sous la simple influence de la lumière solaire, en dégageant du cyanogène ou de l'acide prussique; l'oxygène parfaitement sec reproduit la couleur bleue, à mesure qu'il se reforme une quantité d'oxyde de fer correspondante à celle du cyanogène dégagé (2).

On sait que la pression atmosphérique fait équilibre à une colonne de mercure de vingt-huit pouces de Paris; quand on soumet de l'acide carbonique gazeux à une pression trente-six fois plus forte, il se condense en un liquide incolore. L'accroissement de la pression atmosphérique est une des circonstances qui provoquent les changements matériels; elle exerce évidemment son influence en modifiant le mouvement. Une dissolution de phosphate de soude commun absorbe une très-grande quantité d'acide carbonique, mais il suffit de diminuer considérablement la pression de l'air, d'employer la machine pneumatique pour expulser l'acide carbonique de la solution.

Mais si la lumière, la chaleur, l'électricité, la pression de l'air, se montrent à nous comme des états de la matière, qui produisent avec puissance des mouve-

(1) Draper, *Philosophical Magazine*, 4e série, vol. I, mai 1851, p. 392.

(2) *Svanberg's Jahresbericht über unorganische Chemie*, Jahrgang, XXXIII, 111.

ments et par suite des déplacements matériels, il y a aussi dans des centaines de cas des influences moindres qui agissent et communiquent à la matière les mouvements les plus remarquables.

C'est un des phénomènes les plus connus, qu'une combinaison amorphe, noire, de soufre et de mercure, se change par le frottement en cinabre d'une belle couleur écarlate et cristallin. Le fulminate de mercure, l'iodure d'azote, l'amidure d'argent se décomposent à la suite d'un léger choc (1).

Le fer forgé est parvenu à une triste célébrité, parce qu'il devient cristallin et cassant par l'effet de simples secousses, ce qui peut devenir très-dangereux pour les essieux des wagons de chemin de fer. Kohn a démontré que des rotations répétées, qui donnent au fer un mouvement vibrant comme celui d'un ressort, suffisent à changer la position des molécules, de sorte que le fer prend la structure cristalline et cassante; bien plus, Erdmann a récemment observé un cas où l'étain allié à du plomb dans des tuyaux d'orgues avait pris une structure cristalline, conséquence manifeste des vibrations sonores (2).

Nous voyons dans une série d'expériences remarquables, instituées dans ces derniers temps par Henri Rose, sur les propriétés de l'eau, que de grandes quantités d'eau peuvent déplacer de leurs sels les acides faibles, tels que les acides silicique et carbonique (3).

D'après Rose, une abondante quantité d'eau peut

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 230.

(2) Voyez Kohn, *Erdmann's Journal*, LIV, 27, et *Erdmann*, *ibid.*, LII, 428-431.

(3) H. Rose, *Erdmann's Journal*, LIII, 489.

changer le sulfate acide de soude en sulfate de soude neutre, et en acide sulfurique libre qui se combine avec l'eau. L'eau joue alors, par rapport à l'acide sulfurique, le rôle de base.

Par ce moyen, on réussit à décomposer des combinaisons formées de deux sels, qu'on appelle sels doubles. La glaubérite est une combinaison de sulfate de chaux et de sulfate de soude ; quand on le traite par un très-grand excès d'eau, le sulfate de soude se dissout, tandis que le sulfate de chaux reste à l'état de précipité. Graham est même parvenu, dans ses célèbres recherches sur la diffusion des sels dans l'eau, à décomposer l'alun en employant une grande quantité d'eau, et pourtant l'alun est une combinaison bien fixe de sulfate d'alumine et de sulfate de potasse. L'alun perd une partie de son sulfate de potasse, qui se dissout (1).

Telle est la puissance que ces influences omniprésentes exercent sur la matière qu'elles gouvernent. L'eau, les ébranlements mécaniques, la pression atmosphérique, l'électricité, la lumière et la chaleur, toutes ces influences restent-elles quelque part inactives? Et s'il est vrai que les circonstances, dont la variété produit le changement de la structure matérielle, ne soient que des mouvements communiqués par une matière à une autre, il en résulte forcément qu'il faut rapporter d'une manière générale tous les états des corps à des états différents de mouvements.

Nous savons que beaucoup de lichens vivent exclusivement d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque auxquels s'adjoignent quelques sels. L'eau, l'acide car-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 115-118.

bonique et l'ammoniaque sont les substances alimentaires les plus importantes qui servent au développement du règne végétal.

Bunsen et Playfair ont montré, il y a déjà quelques années, et Rieken l'a confirmé depuis peu, qu'on peut obtenir du cyanogène, combinaison d'azote et d'hydrogène, aux dépens de substances inorganiques. Quand on mélange intimement du carbonate de potasse avec du charbon pur, et qu'on chauffe le mélange dans un courant d'azote assez fortement pour que la potasse perde son oxygène, il se forme du cyanure de potassium (1). C'est sur ce fait que repose la préparation du prussiate jaune de potasse, combinaison double de cyanogène, de potassium et de fer, qu'on fabrique sur une grande échelle en Angleterre. Avant cette découverte, on croyait qu'on ne pouvait préparer le cyanogène qu'en décomposant des substances organiques azotées.

Le cyanogène en se combinant avec l'oxygène donne de l'acide cyanique. On peut préparer artificiellement le cyanogène avec des éléments inorganiques; nous savons en outre que l'hydrogène, au moment où il se sépare de ses combinaisons, peut s'unir à l'azote pour former de l'ammoniaque. De plus, on peut aller du cyanogène à l'ammoniaque : on n'a qu'à exposer à l'air du cyanogène dissous dans l'eau, pour voir se séparer du liquide des flocons bruns, signe d'une décomposition, à la suite de laquelle, d'après les observations de Wöhler, on trouve de l'acide carbonique, de l'acide

(1) Bunsen et Playfair, *Annalen von Liebig und Wöhler*, XLII, 262 et 396. Rieken, *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXIX, 78.

prussique, de l'ammoniaque, de l'oxalate d'ammoniaque et de l'urée dissous dans le liquide (1).

L'acide oxalique est une combinaison de carbone et d'oxygène qui, pour la même quantité de carbone, ne contient que les trois quarts du poids de l'oxygène de l'acide carbonique. L'acide oxalique est la cause du goût acide de l'oseille, de l'oxalide et de beaucoup d'autres plantes. C'est un acide organique que, d'après ce qui vient d'être dit, nous pouvons préparer aux dépens de corps simples sans le secours d'aucun organisme.

Ainsi nous connaissons maintenant trois substances, une base organique, l'ammoniaque, un principe acidifiant organique, le cyanogène, et un acide organique, l'acide oxalique, que nous pouvons fabriquer avec des corps simples. Il n'y a que quelques années qu'on croyait encore de tous les trois qu'on pouvait bien les préparer en décomposant des combinaisons organiques plus complexes, mais qu'il n'était pas possible de les obtenir avec de simples éléments.

Dans l'ammoniaque, nous avons une combinaison d'azote et d'hydrogène, dans le cyanogène un composé binaire d'azote et de carbone, enfin ce dernier corps simple se trouve combiné avec l'oxygène dans l'acide oxalique. Il s'est passé bien du temps avant qu'on apprît aussi à préparer une combinaison simple de carbone et d'hydrogène, sans partir des corps organiques. Cette énigme, que le sphinx de la force vitale nous opposait comme un épouvantail, pour nous empêcher d'avancer dans la préparation artificielle des combi-

(1) Liebig, *Handbuch der organischen Chemie*, mit Rücksicht auf Pharmacie. Heidelberg, 1843, 47.

naisons organiques, sans emprunter le secours des substances organiques, Berthelot l'a résolue. Il a jeté à bas le sphinx et ses adorateurs, et les a remplacés par une foule d'investigateurs à qui il a mis dans la main les fils dont ils se serviront pour pousser plus avant le tissu de leurs découvertes, en reproduisant de toutes pièces le monde organique. Berthelot a obtenu ces résultats en préparant une quantité appréciable de gaz oléfiant parmi d'autres substances, par la réaction du sulfure de carbone et de l'hydrogène sulfuré sur du cuivre à la chaleur rouge sombre. Le gaz oléfiant, composé de carbone et d'hydrogène n'est qu'une simple pierre d'attente, mais depuis longtemps le savant en fait plus de cas que de la fabrication artificielle du diamant, parce qu'elle peut servir à la construction des corps organiques. Il n'y avait qu'à préparer le gaz oléfiant sans puiser indirectement dans le laboratoire de la vie organique, et nous étions en état de produire artificiellement toute une foule de substances organiques d'une composition compliquée, sans faire intervenir aucun être vivant. Berthelot a rempli la tâche, non pas seulement de la manière indiquée plus haut, mais encore en ouvrant plusieurs autres voies qui conduisent à la solution du problème (1).

Le soufre et le carbone se combinent directement l'un avec l'autre à une haute température pour former du sulfure de carbone. Kolbe a transformé ce corps en perchlorure de carbone, en faisant agir sur lui du chlore. Si l'on fait passer des vapeurs de ce perchlorure de carbone dans un tube de porcelaine chauffé au rouge, on obtient un mélange liquide de deux combinaisons car-

(1) Berthelot, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, C, 123.

bonnées qui contiennent moins de chlore. Ce mélange se solidifie sous forme de perchlorure de carbone, quand on l'expose à la lumière solaire dans du chlore sec. D'après Kolbe, du chlorure de carbone et de l'eau exposés à la lumière solaire donnent naissance à de l'acide chloracétique. Enfin Melsens, avec l'acide chloracétique, l'amalgame de potassium et l'eau, obtint l'acide acétique commun. Ainsi un acide organique composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène est le résultat de simples éléments et de leurs combinaisons inorganiques. Au moyen de la chaleur sèche, Berthelot a transformé l'acide acétique en quatre autres combinaisons organiques composées en partie de carbone et d'hydrogène, en partie de carbone, d'hydrogène et d'oxygène (naphtaline, benzine, phénol et acétone). Trois de ces corps contiennent plus de carbone que l'acide acétique (1).

Il est encore plus facile de préparer l'acide formique, à l'aide de corps simples seulement, ainsi que Berthelot y est arrivé il y a peu de temps. Il obtint ce résultat en faisant agir de la potasse humide sur du gaz oxyde de carbone, dans un ballon de verre fermé à la lampe, durant soixante-dix heures, sous une chaleur de 100 degrés (2).

Pendant que s'opère cette transformation de l'oxyde de carbone en acide formique, il faut que deux équivalents d'oxyde de carbone se combinent avec deux équivalents d'eau. L'alcool se distingue d'une manière tout à fait analogue du gaz oléfiant, parce qu'il contient une plus grande quantité des éléments de l'eau. De là

(1) Berthelot, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, XXXIII, 295-301.

(2) Berthelot, *Comptes rendus*, XLI, 955.

à l'idée de faire de l'alcool en combinant ensemble du gaz oléfiant et de l'eau, il n'y avait qu'un pas. Berthelot la réalisa. Il fit agir l'acide sulfurique sur le gaz oléfiant en les soumettant à de violentes secousses, puis, quand l'acide sulfurique se fut suffisamment imprégné de gaz oléfiant, il ajouta de l'eau et distilla. Parmi les produits de la distillation, il y avait de l'alcool qui correspondait aux trois quarts de la quantité de gaz oléfiant absorbé par l'acide sulfurique (1).

Ainsi donc, voilà de l'esprit-de-vin sans raisin, sans sucre, sans amidon, de l'esprit-de-vin fait avec de la houille ! Nous avons le mot de l'énigme la plus difficile du sphinx, depuis que nous pouvons produire le gaz oléfiant avec des corps simples.

Fort de ces inventions, le chimiste poursuit d'un pas assuré sa marche que rien ne peut plus arrêter. Strecker s'est servi de l'acide prussique et de l'alcool pour préparer artificiellement l'acide lactique. Pour en arriver là, l'alcool perd une partie de son hydrogène, sous l'action des substances qui cèdent facilement leur oxygène; il passe à l'état d'aldéhyde; l'aldéhyde peut se combiner avec l'ammoniaque, et quand on fait bouillir cette combinaison avec de l'acide cyanhydrique et de l'acide chlorhydrique étendu, on obtient une base organique azotée (*alanine*), qu'on n'a plus qu'à traiter par l'acide nitreux pour la réduire en eau, en azote et en acide lactique (2).

Pour arriver, en procédant exclusivement avec des corps simples, à un corps organique d'une composition très-compliquée, qui ne renferme pas seulement du

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, XL, 102.
(2) Strecker, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXV, 46.

carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, mais encore de l'azote et du soufre (*taurine*), et qu'on ne pouvait d'ailleurs obtenir qu'en décomposant l'acide choléique sulfuré, il ne manquait à Strecker qu'un seul degré préliminaire, à savoir, le gaz oléfiant. En effet, si l'on traite le gaz oléfiant par l'acide sulfurique anhydre, on obtient un acide organique contenant du soufre (*acide iséthionique*). D'après la découverte de Strecker, il n'y a qu'à chauffer le sel ammoniacal de cet acide pour y déterminer un déplacement des éléments et donner naissance, avec toutes ses propriétés, à la taurine, qu'on trouve dans les poumons des mammifères et dans la chair des mollusques (1).

Les acides oxalique et acétique, et le cyanogène que nous savons maintenant préparer de toutes pièces, nous amènent à un corps organique à peu près aussi compliqué qu'eux, à l'huile essentielle de moutarde formée d'huile essentielle d'ail et de sulfure de cyanogène. Cette découverte était si bien préparée par celles qui l'avaient précédée, que Zinin à Pétersbourg et Berthelot à Paris, purent au même moment mais indépendamment l'un de l'autre, si je puis employer cette comparaison, poser leurs pierres complétement taillées (2). Dusart a montré naguère le moyen le plus simple d'arriver au but. On chauffe à sec un mélange d'acétate et d'oxalate alcalin, il se forme de l'acétone, corps organique, et de l'oxyde de carbone qui, réagissant l'un sur l'autre à l'état naissant, se transforment en acide carbonique

(1) Strecker, *Das chemische Laboratorium der Universität Christiania*, 100, 101.

(2) Zinin, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCI, 128. Berthelot, *Comptes rendus*, XLI, 21-22.

et en un carbure d'hydrogène (*propylène*). Ce dernier contient, pour six équivalents de carbone, six équivalents d'hydrogène. On peut combiner ce corps avec le brome, et si l'on traite cette combinaison bromée avec de la potasse à l'alcool, elle perd une partie de son brome et de son hydrogène, et il se produit un autre corps (*propylényle bromé*) qui présente d'abord un équivalent de brome, et de plus du carbone et de l'hydrogène dans la proportion même sous laquelle ces corps, combinés avec le soufre, produisent l'huile essentielle d'ail (*sulfure d'allyle*). Si maintenant on fait agir ce dernier composé bromé sur du sulfocyanure de potassium, on obtient du bromure de potassium et de l'essence de moutarde (1).

Le gain immense que nous a valu la possibilité de préparer de toutes pièces les substances organiques les plus simples, et pour ainsi dire les premiers échelons de la série des combinaisons organiques, c'est que pour produire un corps plus composé, nous n'avons plus besoin, dans beaucoup de cas, que de rapprocher convenablement deux combinaisons simples. Quand on mêle du cyanate de potasse avec du sulfate d'ammoniaque, la potasse se combine avec l'acide sulfurique, et l'acide cyanique avec l'ammoniaque. Pourtant cette dernière combinaison n'est point du cyanate d'ammoniaque, mais de l'urée ; on peut donc préparer l'urée artificiellement avec des corps simples. C'est par cette découverte éclatante que Liebig et Wöhler ont ouvert des perspectives étendues sur cette voie, et se sont acquis un éternel honneur en donnant un peu à contre cœur, un peu sans le savoir, la preuve que désormais

(1) Dusart, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, XCVII, 127, 128.

la flamme de la vie se résout pour nous dans les forces physiques et chimiques.

Berthelot a combiné le gaz oléfiant pour former de l'alcool; nous enlevons de nouveau à l'alcool une partie de son eau quand nous le transformons en éther par l'acide sulfurique; nous combinons l'éther avec les acides oxalique, formique, acétique et lactique. Par le moyen du courant galvanique, nous tirons de l'acide acétique une nouvelle combinaison de carbone et d'hydrogène (le *méthyle*) qui s'unit à l'oxygène pour former un nouvel éther. Ce nouvel éther forme aussi, en se combinant avec les acides oxalique, cyanique, formique et acétique, de nouveaux corps placés plus haut dans l'échelle de la composition des substances organiques; et ainsi de suite. Déjà aujourd'hui ce serait une entreprise chimérique que d'essayer de dénombrer toutes les substances organiques que nous pouvons préparer au moyen de corps simples. Certes, le chimiste affranchi de préventions, qui ne met pas sa parole au service du trône et de l'autel, comptant tranquillement sur une victoire certaine, peut sourire du pauvre philosophe dont le savoir ne dépasse pas la connaissance de l'urée, et qui croit imposer cette limite au pouvoir du physiologiste.

On peut à l'aide d'un ferment, c'est-à-dire d'une substance dont les molécules sont en mouvement, mettre en mouvement celles de l'urée. L'urée entre en fermentation; cette fermentation est souvent accompagnée d'une formation de champignons (C. Schmidt).

Or, si la plante peut vivre d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque, si nous pouvons produire artificiellement, à l'aide de corps simples, des matières azotées, telles que l'urée, et des matières non azotées comme

l'acide acétique et tant d'autres; si la décomposition de l'urée favorise un développement de champignons; il est démontré de tous points que les matières organiques et organisées sont le résultat de combinaisons inorganiques et de corps simples inorganiques.

Or, la force est une propriété de la matière. Une force qui ne serait pas unie à la matière, qui planerait librement au-dessus de la matière, et pourrait à volonté se marier avec elle, serait une idée absolument vide. Les propriétés de l'azote, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, du soufre et du phosphore, résident en eux de toute éternité.

Donc les propriétés de la matière ne peuvent pas changer, quand elle entre dans la composition des plantes et des animaux. Par conséquent, il est évident que l'hypothèse d'une force particulière à la vie est tout à fait chimérique.

Quiconque parle d'une force vitale, d'une force typique, ou de quelque façon qu'il en veuille varier le nom, est forcé d'admettre une force sans matière. Mais une force sans substrat matériel est une représentation absolument sans réalité, une idée abstraite dépourvue de sens.

La seule différence fondamentale qui existe entre la matière organisée et les substances inorganiques, consiste en ce que la matière organique possède une composition beaucoup plus complexe. Aussitôt que la matière a atteint un degré déterminé de composition compliquée, la fonction de la vie prend naissance avec la forme organisée. La conservation de cet état de composition chimique au milieu de l'échange constant des matières, produit la vie des individus.

Ce caractère propre de la composition n'est pas quel-

que chose, qu'on pourrait appeler une émanation d'une affinité particulière des éléments, qui ferait défaut aux mêmes éléments en dehors de la vie. Il n'y a de différence que dans l'état de combinaison, la chaleur, la pression atmosphérique, dans le mouvement effectué dans des dimensions mesurables, dans les circonstances décrites ci-dessus, au milieu desquelles se manifeste l'affinité qui réside de toute éternité dans l'azote, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, le soufre et le phosphore.

Le platine rouge peut décomposer l'eau ; la plante fait la même chose. La plante condense l'acide carbonique comme le ferait une pression de trente-six atmosphères. Les circonstances, les espèces et les directions du mouvement que la matière imprime à la matière, déterminent seules les produits de l'affinité, qui exerce son activité dans les éléments.

Voilà pourquoi les phénomènes que nous observons dans le verre et le creuset jettent tant de lumière sur la vie. Beaucoup de chimistes s'accordent à soutenir que, parce que telles ou telles transformations des substances organiques n'ont pas réussi dans le laboratoire, il ne faut pas admettre qu'elles aient lieu dans le corps, et réciproquement, qu'une modification qui peut se faire dans le laboratoire, ne serait pas possible dans l'organisme. Cependant on en peut toujours concevoir la possibilité, et souvent elles sont réelles.

Dans la plupart des cas, l'organisme peut faire au moins autant que les cornues et les alambics, et souvent il peut beaucoup plus. Le rapport qu'il y a dans la géologie entre le creuset du chimiste et l'atelier grandiose toujours en travail de la nature, se retrouve dans les phénomènes physiologiques, entre les procédés

de laboratoire et le mouvement de la vie qui suit sans relâche son cours éternel. Et c'est précisément la circonstance que l'organisme opère des combinaisons et des décompositions, que nous ne pouvons pas jusqu'ici imiter artificiellement, qui démontre manifestement que la continuité de l'échange vital des matières contrebalance fréquemment, avec des moyens en apparence plus faibles, la puissance des actions qui, dans le laboratoire, demeurent limitées à un court espace de temps.

Pour soutenir l'existence d'une force vitale propre, on invoque constamment l'impuissance où nous sommes de faire des plantes ou des animaux, et l'on y revient toujours. Est-ce que nous sommes toujours en état de produire à volonté un minéral composé, même quand nous connaissons parfaitement sa composition chimique? Et cependant personne n'attribue à la montagne une force vitale. Les gens du monde mettent souvent, avec une superbe assurance, le physiologiste en demeure de faire l'homunculus. Mais il n'y a pas l'ombre d'une objection contre la négation de la force vitale. Si nous pouvions nous rendre maîtres de la lumière, de la chaleur, de la pression atmosphérique, comme des rapports de poids de la matière, non-seulement nous serions à même de faire plus qu'aujourd'hui, non-seulement nous pourrions recomposer des corps organiques, mais nous serions capables de remplir les conditions qui donnent naissance aux formes organisées.

Si jusqu'ici on est si rarement arrivé à reconstruire des substances organiques en ne se servant que de corps simples, ou au moins que des combinaisons inorganiques simples, ce malheur vient de ce que nous n'avons constaté que dans un très-petit nombre de cas la disposition des molécules, l'arrangement de la matière,

le groupement des éléments. La connaissance des constitutions chimiques intimes nous fait défaut.

Liebig dit avec raison : « Les lois que nous trouvons » toujours les premières sont celles de la destruction.» Mais je ne puis plus être d'accord avec lui quand il ajoute qu'il est douteux « que nous puissions jamais » apprendre celles de la construction (1). » Je suis très-heureux de pouvoir ajouter que Liebig à un autre endroit a déclaré « que nous possédons assez d'expérience » pour légitimer l'espérance qu'un jour nous réussirons » à produire la quinine et la morphine, les combi- » naisons qui composent le blanc d'œuf ou la fibre » musculaire avec toutes leurs propriétés ». Liebig croit qu'il se peut « que demain ou après demain quel- » qu'un découvre un procédé de faire avec le goudron » minéral la magnifique couleur de la garance, ou la » bienfaisante quinine ou la morphine » (2). Le fait vaut plus que l'espérance ou la foi. Et le fait, c'est la préparation de l'urée que Liebig et Wöhler ont faite avec de l'acide cyanique et de l'ammoniaque.

Après cela, il y a lieu de s'étonner que Liebig ajoute : « Il est certain qu'une quantité d'actions que nous » constatons dans les corps vivants sont produites par » des causes chimico-physiques. Mais on va beaucoup » trop loin, quand on veut en conclure que toutes les » forces qui agissent dans l'organisme sont identiques » avec celles qui régissent la matière inerte (3). » On ne comprend plus quand Liebig parle « d'une puissance qui » serait conférée à certains éléments par l'activité vitale

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 577.
(2) Id., *Ibid.*, 24 et 60.
(3) Id., *Ibid.*, 356.

» dans la plante et dans l'animal » (1), non plus que lorsqu'il dit dans un autre passage « à la mort, les élé» ments échoient de nouveau en partage à la domina» tion absolue des forces chimiques » (2). Cette puissance nouvelle ne peut raisonnablement vouloir dire autre chose qu'un mouvement spécial de la matière. Mais peut-on imaginer un mouvement qui séparerait les propriétés d'avec la matière? Et pourtant Liebig arrive à cette hypothèse, quand il admet que les substances ne font valoir de nouveau leurs propriétés chimiques qu'après la mort.

« Il n'y a pas de forces», dit Liebig, « qui soient plus « voisines l'une de l'autre que la force chimique et la » force vitale (3). » Pourtant, dans beaucoup d'autres passages, il a opposé l'une à l'autre, la force chimique et la force vitale (4). « La forme, les propriétés des » groupes d'atomes les plus simples sont les résultats » de la force chimique agissant sous l'empire de la » chaleur. La force vitale produit les propriétés des » atomes d'un rang supérieur, des atomes organisés (5).»

N'est-ce pas comme s'il disait que la force vitale, déliée des liens qui l'attachent à la matière, plane librement dans l'air et n'attend que l'occasion de s'assujettir une portion de la matière? Et cependant Liebig dit avec toute raison : « une force ne peut venir » de rien » (6). Il n'y a pas dans la nature « de force » qui produise et crée quelque chose d'elle-même, il

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 168.
(2) Id., *Ibid.*, 287.
(3) Id , *Ibid.*, 23.
(4) Id., *Ibid.*, 24, 25, 226, 227, 238.
(5) Id., *Ibid.*, 239.
(6) Id., *Ibid.*, 205.

» n'en est aucune qui puisse annnuler les causes qui » donnent à la matière ses propriétés; le fer ne cesse » jamais d'être du fer, le carbone d'être du carbone, » l'hydrogène d'être de l'hydrogène. Le fer ne peut pas » naître aux dépens des éléments des corps organiques, » le soufre pas davantage, le phosphore pas davan- » tage » (1).

Ce n'est que parce que Liebig ne peut pas se débarrasser de l'idée qui fait de la force et de la matière des choses opposées, parce qu'il parle de causes « qui » donnent à la matière ses propriétés », parce qu'il n'aperçoit pas qu'au fond la force n'est rien de plus qu'une propriété inséparable de la matière, qu'il peut donner le même sens à la dénomination surannée de force vitale et au mot d'affinité (2). Voilà l'erreur qui tient d'une manière si dangereuse aux idées qu'on se fait familièrement d'une force vitale, que la force vitale doit être une force sans substance, une idée qui construit le corps, un rien autocrate avec lequel on peut disposer et arranger tout, parce qu'il n'a pour cause, pour limite, pour fondement aucune réalité. L'affinité est au contraire un caractère éternel indélébile de la matière, qui ne s'en sépare jamais, ni dans la vie, ni dans la mort.

Liebig lui-même l'a très-bien dit : « Ces gens (les » médecins ignorants) et les esprits de la même famille, » sont fâchés que la vérité soit si simple, quoique avec » toute la peine qu'ils se donnent ils ne puissent pas » s'en servir. Aussi nous présentent-ils les idées les » plus impossibles, et se créent-ils sous le nom de *force*

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 341, 342.
(2) Id., *Ibid.*, 227, à la note.

» *vitale* une chose bizarre, avec laquelle ils expliquent » tous les phénomènes qu'ils ne comprennent pas. Avec » un je ne sais quoi d'*inintelligible*, on explique tout » ce qu'on *ne comprend pas* (1). » Mais, à mon avis, personne n'a expliqué les conséquences morales de ce procédé, d'une façon plus énergique et plus saisissante que du Bois-Reymond quand il dit : « La force vitale » est comme un fossé large, infranchissable, dont le » coureur a entendu dire faussement qu'il barrait une » route semée d'obstacles ; il croit le trouver derrière » chaque haie, et cette crainte lui ôte sa force mo- » rale (2). »

Il suffit, en effet, de lire les lettres de Liebig avec attention, pour trouver au moins douteux qu'il possède cette conviction solide de l'existence de la force vitale qui seule permet de soutenir rigoureusement une conséquence logique. « Nous observons », dit Liebig, « dans un » animal des classes supérieures, que la disposition de » ses parties et les fonctions admirables qui en sont la » conséquence, sont des phénomènes qui diffèrent d'une » façon si étonnante et si considérable de ceux de la » nature inanimée, que bien des gens sont amenés à » les attribuer à des forces particulières, tout à fait » distinctes des forces inorganiques. Les phénomènes » vitaux et leurs causes inconnues parurent aux savants, » pendant un long temps, jouir d'une si grande pré- » pondérance, qu'ils oublièrent la coopération des forces » physiques et chimiques, qu'ils combattirent et nièrent » leur présence ; dans les tissus les plus inférieurs des

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 18.

(2) Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. Berlin, 1848, I, Introduction, 38.

» plantes au contraire, les activités physiques et chi-
» miques ont une prédominance si marquée que l'exis-
» tence des activités vitales a besoin d'une preuve toute
» spéciale. » — « Sur la ligne qui leur sert de limite,
» on ne peut plus distinguer les actes des forces chi-
» miques de ceux des forces vitales (1). » — « Quand
» nous voyons », dit-il dans un autre passage, « que les
» causes ou forces dont les propriétés des corps tien-
» nent leur pouvoir de faire une impression sur nos
» sens, ou d'une manière générale de produire un effet,
» sont les unes avec les autres dans un rapport de dé-
» pendance qu'on peut découvrir, qui pourrait révo-
» quer en doute, en ce moment même, que les proprié-
» tés vitales ne suivent les lois de dépendance, comme
» toutes les autres propriétés, que les propriétés phy-
» siques et chimiques des éléments, leur forme, leur
» disposition, ne jouent un rôle tout à fait déterminé et
» déterminable dans les phénomènes de la vie (2) ! »

Comme la remarque suivante s'applique bien ici! « Nous venons d'arriver à la connaissance d'un grand » nombre de phénomènes, dont nous savons à peine » dire quelle est, parmi les forces connues, celle qui les » produit. Auparavant on se serait empressé d'en con- » clure l'existence de forces particulières encore in- » connues; nous ne le faisons pas, parce que nous avons » conscience de notre ignorance de la portée des forces » connues, et en particulier de la force moléculaire, de » la cohésion et de l'affinité (3). »

Tout ce qu'on fait pour se représenter la force vitale

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 339, 340.
(2) Id., *Ibid.*, 377, 378.
(3) Id., *Ibid.*, 359.

se ramène à la tendance profonde, enracinée, qui porte l'homme à se figurer, sous la forme d'une personnalité, une série de phénomènes dont la connexion reste un problème pour lui. Il est assez remarquable que la plus chimérique des séparations, celle qui distingue la force d'avec la matière, tire son origine de ce besoin de s'accrocher à l'image incarnée d'une cause connue comme à un pilote sur les flots mouvants des phénomènes. La même tige porte à la fois la réalité la plus grossière et l'idéalité la plus subtile.

Quand les éléments, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote sont une fois organisés, les formes arrêtées qui en résultent ont le pouvoir de persister dans leur état, et, ainsi que l'expérience acquise jusqu'à ce jour nous l'apprend, elles se conservent à travers des centaines et des milliers d'années. Par le moyen des semences, des bourgeons et des œufs, les mêmes formes reparaissent dans une succession déterminée. C'est ce retour régulier qu'on a choisi pour caractère fondamental de la classification en espèces dans l'histoire naturelle.

L'ensemble des circonstances, l'état par lequel l'affinité de la matière produit les mêmes formes avec le pouvoir de persistance, a reçu de Henle, à l'exemple de Schelling, le nom de force typique. Cette force typique est un petit pas en avant sur la force vitale, puisqu'elle admet autant d'états de la matière qu'il y a d'organes et d'espèces. Mais la force typique des plantes et des animaux est une idée aussi vide, une personnification aussi puérile que la force vitale sa mère.

A la vue de ces nuages dont tant de savants considérables, et Liebig avec eux, ne peuvent s'affranchir, je ne puis me refuser le plaisir de citer un passage plus long

de du Bois-Reymond, non pas pour appuyer ma manière de voir du crédit d'un savant, que la richesse de ses idées et les beaux résultats de ses travaux ont porté en peu de temps au plus haut degré de la célébrité, mais parce qu'il me semble toujours important que deux hommes arrivent séparément à se rencontrer dans la solution d'une question capitale. La préface de l'important ouvrage de du Bois-Reymond sur l'électricité animale était depuis longtemps écrite et imprimée, que je n'avais pas encore écrit l'introduction à ma physiologie des échanges de la matière, et pourtant je ne l'avais pas lue quand mon ouvrage parut. Je ne dis pas cela pour détourner à mon profit une partie de l'honneur qui pourrait revenir à l'exposition de ces idées, quand même elles seraient à la veille d'être reconnues et honorées autrement qu'aujourd'hui. Je cite, surtout parce que je souhaite à mes lecteurs le plaisir que m'a causé la rencontre de ce passage, et parce que je voudrais faire connaître l'excellente exposition de du Bois-Reymond à une classe de personnes pour qui son livre savant et substantiel reste très-vraisemblablement un mystère.

« La prétendue force vitale, telle qu'on se la figure » habituellement, présente sur tous les points du corps » vivant, est une chimère. Si nos adversaires s'obstinent » à soutenir que les organismes sont soumis à des forces » qu'on ne trouve pas en dehors d'eux, ils n'ont plus » qu'à affirmer ce qui suit : une molécule de matière, » en entrant dans le tourbillon de la vie, reçoit pour » un temps le don de nouvelles forces ; ces forces, la » molécule les perd de nouveau quand le tourbillon de » la vie, dégoûté d'elle, la rejette définitivement sur le » rivage de la nature inanimée. Nous sommes (ci-des-

» sus) arrivés à cette idée qu'on ne peut imaginer
» d'autre différence entre les phénomènes de la nature
» organique, et ceux de l'inorganique, que celle-ci, à
» savoir : que les atomes de l'une et de l'autre sont
» pourvus de forces différentes; nous n'avons pas en-
» core examiné si cette différence est réelle. Il semble
» aux défenseurs de la force vitale que l'existence
» de cette différence soit un fait prouvé. D'après eux,
» s'ils voulaient raisonner logiquement, il faudrait
» la chercher dans ces nouvelles forces elles-mêmes
» dont les atomes sont doués à leur entrée dans les
» organismes.

» Cette hypothèse est insoutenable. Pour le démon-
» trer, il est nécessaire d'entrer plus avant dans l'idée
» qu'il faut relier au mot *force*. Nous avons ci-dessus
» admis pour un moment qu'on pouvait définir la
» force, en l'appelant la cause du mouvement. C'est
» une façon de parler commode, dont il n'est pas facile
» de se défaire et dont on peut toujours se servir. Mais
» il ne faut pas oublier que, prise en ce sens, la force
» n'a pas une réalité semblable à celle qu'on donnerait
» à la cause des phénomènes ; si l'on va à cette cause,
» on s'aperçoit bientôt qu'il n'y a ni force, ni matière.
» Elles ne sont l'une et l'autre que des points de vue
» différents, des abstractions adoptées pour désigner
» les choses telles qu'elles sont. Elles se complètent
» l'une l'autre en se supposant réciproquement; sépa-
» rées, elles n'ont point de consistance, si bien que
» l'activité représentative, quand elle s'efforce d'analy-
» ser l'essence des choses, ne trouve point de lieu de
» repos, et flotte çà et là dans l'infini, entre les deux
» abstractions.

» Dans ce sens, la force n'est rien qu'une production

» plus déguisée de la tendance irrésistible de person-
» nification qui est imprimée en nous ; pour ainsi dire
» un artifice de rhétorique de notre cerveau, qui a
» recours au style figuré, parce qu'il ne se la repré-
» sente pas clairement et ne peut l'exprimer d'une
» manière intime. Dans les idées de force et de ma-
» tière, nous voyons se reproduire le même dua-
» lisme qui se manifeste dans les idées de Dieu et
» de monde, d'âme et de corps. C'est toujours le
» même besoin, mais aujourd'hui plus subtil, qui pous-
» sait autrefois l'homme à peupler des créatures de
» son imagination le buisson, la fontaine, le rocher,
» l'air et la mer. Qu'a-t-on gagné à dire que c'est par
» la force réciproque de l'attraction que deux molé-
» cules se rapprochent l'une de l'autre ? Pas l'ombre
» d'une idée sur l'essence du phénomène. Mais ce qui
» est étrange, il y a pour la tendance intime qui nous
» pousse vers les causes une espèce de soulagement à
» contempler l'image qui se peint devant notre regard
» intérieur sans que nous le voulions, et nous représente
» une main qui pousse doucement devant elle la matière
» inerte, ou d'invisibles bras de polype par lesquels
» les molécules matérielles s'étreignent, cherchent à
» s'entraîner mutuellement l'une vers l'autre et enfin
» s'enlacent et se nouent. »

Et plus loin : « Si l'on veut que la force soit une
» chose existante par elle-même, conservant en face
» de la matière une existence indépendante, une chose
» qui, située en dehors de la matière, agit sur elle,
» quand par hasard elle entre dans son domaine, qui
» de plus pourrait lui être attachée pour un temps, et
» de nouveau en être séparée, on se forme une idée
» qui n'a pas de sens. Il n'y a que cet être *double*

» *et un* impénétrable dans lequel nous reconnaissons
» l'union de la force et de la matière qui, active ou
» passive, puisse entrer en action réciproque avec son
» pareil également insondable. La matière ne peut pas
» être comparée à une voiture devant laquelle sont
» placées les forces, comme des chevaux qu'on peut
» atteler ou dételer à volonté. Une molécule de fer
» reste positivement la même chose, soit que dans la
» pierre météorique elle traverse la sphère céleste, soit
» que dans la roue d'un wagon de chemin de fer elle
» roule avec fracas sur les rails, soit enfin que dans
» un globule du sang elle coule à travers les tempes
» d'un poëte. Dans ce dernier cas, pas plus que dans
» le mécanisme fabriqué par la main de l'homme,
» rien n'est ajouté aux propriétés de cette molécule,
» rien ne lui a été retiré. Ces propriétés sont de
» toute éternité, elles ne peuvent être aliénées ni
» transmises.

» Par conséquent on ne peut plus regarder comme
» douteuse la question de savoir si la différence, la
» seule dont nous reconnaissions la possibilité, entre
» les phénomènes de la nature morte et ceux de la
» nature vivante, existe réellement. Une différence de
» cette espèce n'existe pas. Dans les organismes il ne
» s'ajoute point aux molécules matérielles des forces
» nouvelles, point de force qui ne soit aussi en activité
» hors des organismes. Donc il n'y a pas de forces qui
» méritent le nom de forces vitales. La séparation
» entre la nature prétendue organique et l'inorganique
» est tout à fait arbitraire. Ceux qui poussent à la
» maintenir, ceux qui prêchent l'hérésie de la force
» vitale, sous quelque forme, sous quelque déguise-
» ment trompeur que ce soit, n'ont jamais, ils peuvent

» s'en tenir assurés, pénétré jusqu'aux limites de leur » pensée (1). »

Pas de matière sans force. Mais aussi pas de force sans matière. Les propriétés des éléments sont immuables ; qu'on ne parle donc plus de force vitale. La *force inorganique* dont parle Liebig est tout aussi inintelligible (2).

La vie n'est point le produit d'une force toute particulière; elle est plutôt un état de la matière fondé sur ses propriétés inaliénables, résultat de phénomènes, de mouvements spéciaux, comme la chaleur, la lumière, l'eau, l'air, l'électricité, et les ébranlements mécaniques en provoquent dans la matière. Les prétendues forces actives sont des matières chaudes, des matières excitées par l'électricité, des corps vibrants, des ondes lumineuses, des ondes sonores, bref tout ce qui éveille le mouvement à l'aide d'un mouvement.

Mais l'homme fait tout à son image, la cause des phénomènes comme le Dieu qu'il prie. Il n'y a pas longtemps qu'on a surmonté ce goût puéril de personnification, dans la science comme dans la foi. Si l'on veut donner le nom d'un seul homme à ce travail herculéen auquel coopèrent de notre temps une grande partie des hommes, et peut-être l'humanité tout entière sans le savoir, quand elle se livre à la recherche, il faut lui donner celui de Ludwig Feuerbach. C'est par lui que le fondement *humain* de toute idée générale, de toute pensée, est devenu le point de départ accepté et reconnu. Feuerbach a pris pour bannière la science de l'homme, l'anthropologie. L'étude de la matière et des

(1) Du Bois-Reymond, dans l'Introduction, p. 39-41, 43, 44.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 576.

mouvements matériels sont les armes qui lui donnent la victoire. Je n'hésite pas à le déclarer, le pivot sur lequel tourne la philosophie d'aujourd'hui, c'est la science de l'échange de la matière.

DIX-HUITIÈME LETTRE.

LA PENSÉE.

La force est une propriété de la matière. La force est inséparable de la matière. La force est aussi impérissable que la matière.

Avant de développer ces propositions dans leurs rapports avec la vie cérébrale, je dois attirer l'attention sur une erreur fondamentale dont Liebig, entre autres, est le représentant, et qui pourrait induire en erreur bien des gens du monde. Il faut l'écarter dès le début afin de pouvoir entreprendre avec toute la liberté possible l'analyse des faits positifs.

» Les phénomènes de la génération, dit Liebig, le » développement et la croissance des animaux, les rap- » ports que leurs organes ont entre eux, les fonctions » qui leur sont dévolues, les lois de leur mouvement et » celles des parties liquides du corps, les caractères des » fibres nerveuses et musculaires, tous ces faits sur- » prenants et dignes d'attention, on peut les découvrir » sans s'occuper de la matière ou de la substance qui » compose leurs substrats (1). »

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 344, 345.

En vérité ce mot suffit pour prouver que Liebig n'est pas un physiologiste. Tout l'accroissement des êtres vivants est constitué par une absorption, une attraction de la matière ; la génération et le développement ne sont possibles que parce que l'œuf et la semence contiennent les parties constitutives du sang, partant celles d'où peuvent dériver tous les tissus du corps ; et ce qui prouve que les fonctions des muscles et des nerfs sont liées à leur différence matérielle, c'est que, d'après les recherches de Liebig il n'y a pas de muscle sans potasse, et que d'après Fremy et Gobley, il n'y a pas de cerveau ni de nerf sans graisse phosphorée.

Je ne dois pas oublier de remarquer ici que Liebig combat la signification et même l'existence de la graisse phosphorée du cerveau. « Il y a des auteurs, dit-il, qui » soutiennent que la viande et le pain contiennent du » phosphore, que le lait (?) et les œufs contiennent une » graisse phosphorée, ainsi que l'encéphale, et que la » formation, et conséquemment la fonction de l'encé- » phale elle-même, est liée à la graisse phosphorée. » Voilà pourquoi l'on ne pourrait pas admettre que » chez les penseurs, par exemple, il y ait un excès de » phosphore, puisqu'ils en usent beaucoup, et voilà » pourquoi on persisterait à affirmer le principe : que » sans phosphore il n'y a pas de pensée (1). »

Par ces mots, Liebig fait allusion à un passage de mon traité populaire de l'alimentation, qu'il faut que je reproduise ici textuellement, parce que je ne puis reconnaître le développement de mon idée dans la citation tout à fait mal amenée et obscure que Liebig a faite. J'ai dit : « Le cerveau ne peut exister sans la

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 598, 599.

» graisse phosphorée qu'il doit au phosphore de l'albu-
» mine et de la fibrine du sang. Des autres corps sim-
» ples, il ne peut pas venir de phosphore. La consé-
» quence forcée est donc que la viande, le pain, les
» pois, sont nécessaires pour que le cerveau reçoive sa
» nourriture et que les aliments qui, comme le poisson
» et les œufs, contiennent beaucoup de graisse phos-
» phorée déjà formée, doivent favoriser l'arrivage de
» cette substance particulière au cerveau. La formation
» et par suite la fonction du cerveau dépendent de la
» graisse phosphorée. Aussi a-t-on dit en plaisantant
» qu'un homme intelligent a beaucoup de phosphore
» dans son cerveau. *Aucun physiologiste ne prendra cela*
» *au sérieux; la composition d'un organe souffre autant du*
» *trop que du trop peu.* La surabondance n'est pas à
» craindre; les lois normales, qui sont les conditions
» de la nutrition des tissus, ne permettent pas un ar-
» rivage excessif d'une partie constitutive seule; mais
» la fonction souffre si cette substance n'arrive qu'en
» trop faible quantité. Par conséquent, il ne faut
» point croire qu'il y ait chez les penseurs un excès de
» phosphore. Et pourtant le principe reste vrai : sans
» phosphore point de pensée (1). »

Ce n'est pas pour moi, mais pour l'idée que je représente, que je suis obligé d'attirer l'attention sur cette mutilation et cet embrouillement de ma pensée. Je le fais en comparant simplement les paroles de Liebig avec les miennes. Aussi dois-je très-particulièrement faire ressortir que la lutte engagée par Liebig tourne autour d'un mot. « La science ne connaît aucune preuve,

(1) Moleschott, *Lehre der Nahrungsmittel, für das Volk*, Erlangen, 1850, 115, 116.

» dit Liebig, que le corps et les aliments des hommes » ou des animaux contiennent du phosphore sous une » forme à peu près analogue à celle sous laquelle le » soufre y est contenu (1). » Or, Liebig convient que le cerveau contient de l'acide phosphorique (2), et nous savons, d'après Gobley, que le cerveau renferme un corps gras qui se décompose sous l'influence des acides minéraux ou des alcalis en acide oléique, en acide margarique et en une combinaison de glycérine et d'acide phosphorique (*acide phosphoglycérique*) (3). Donc il est démontré que le cerveau contient de l'acide phosphorique, et qu'une partie de cet acide provient du corps gras cérébral.

L'acide phosphorique est une combinaison de phosphore et d'oxygène; donc la graisse du cerveau contient du phosphore. Quand j'ai parlé d'une graisse phosphorée dans mon *Traité des aliments*, je n'ai pas dit une syllabe de l'état sous lequel ce phosphore se présentait dans la graisse. Je savais aussi bien que Liebig que, d'après les recherches les plus récentes de Gobley, on peut extraire, d'un corps gras du cerveau, le phosphore sous forme d'une combinaison de glycérine et d'acide phosphorique. Mais Liebig, je pense, sait aussi bien que moi, qu'on n'a pas encore mis tout à fait hors de doute la question de savoir si le phosphore se trouve dès l'origine dans la graisse à l'état de combinaison de glycérine et d'acide phosphorique. Ce

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 599.

(2) Id., *Ibid.*, 324.

(3) Gobley, *Journal de pharmacie et de chimie*, 3e série, t. XVII, 414. Voyez ma *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und Thieren*, 383.

n'était qu'un détail, dont je n'avais pas à m'occuper pour le sujet que je traitais alors.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que le cerveau contient une graisse phosphorée, et qu'il n'existe pas sans graisse phosphorée. On ne peut plus le contester, puisque Liebig dit que : « le fer ne peut pas naître aux dé» pens des éléments des corps organiques, ni le soufre, » ni le phosphore (1). » Qu'on me permette de rappeler ici un passage de mon *Traité des aliments :* « On ne peut » transformer aucun corps simple en un autre. Voilà » le mot de l'énigme. L'oxygène ne vient pas du phos» phore, ni le carbone de l'oxygène, ni l'azote du car» bone, ni le soufre de l'azote. Il n'y a pas de puissance » qui puisse créer une exception à cette règle; de même » que rien ne vient de rien, de même aucune force » créatrice du corps n'est capable de métamorphoser » le fer en hydrogène, ou le chlore en calcium (2). »

Liebig lui-même le dit aussi en propres termes : « La » substance du cerveau et des nerfs contient de l'acide » phosphorique associé à une graisse ou à un acide » gras, ce dernier est en partie combiné avec un al» cali (3). » Quand, malgré cela, Liebig, en 1855, fait imprimer « l'honneur de la découverte du phosphore » dans le cerveau ne m'appartient pas, mais il revient » à M. le docteur Moleschott, et j'ai déclaré dans mes » *Lettres sur la chimie* que cette découverte était fausse » et qu'elle ne reposait sur aucun fait » (4), il fait usage

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 342.

(2) Moleschott, *Lehre der Nahrungsmittel für das Volk*, 80.

(3) Liebig, *Chemische Briefe*, 501.

(4) *Ernst Stöckhardt's Zeitschrift für deutsche Landwirthe.* Jahrg., 1855, cahiers 1 et 2, 14, à la note.

d'un procédé qu'il suffit de signaler sans le juger avec un ton qu'on bannit volontiers des œuvres scientifiques. Liebig sait fort bien qu'il est d'usage parmi les chimistes de dire qu'on trouve tel corps simple, même quand on a des raisons de croire que ce corps simple est combiné avec d'autres dans le lieu où on le trouve. Ainsi, on dit que les corps albuminoïdes, qu'un acide de la bile, que la colle, contiennent du soufre, sans préjuger la question de savoir en quelle combinaison le soufre entre dans le corps en question. C'est ainsi que j'ai parlé de la présence du phosphore dans la graisse cérébrale, et von Bibra l'a démontrée depuis lors par une série des plus scrupuleuses recherches. Von Bibra a expressément démontré que la présence du phosphore dans la graisse cérébrale ne provient pas d'un phosphate qui y serait adhérent (1). Si Liebig m'attribue l'assertion que le cerveau contient du phosphore à l'état de pureté, je me verrai forcé, à mon grand regret, de déclarer que c'est une invention tout à fait arbitraire, et qui fait planer sur mes idées des soupçons injustes, une invention dont, à mon tour, je dois lui abandonner tout l'honneur, que mérite un tel procédé.

En 1850, j'ai déjà montré avec insistance qu'on ne peut conclure du rapport nécessaire qui lie le cerveau à la graisse phosphorée, qu'une intelligence puissante ait pour terme corrélatif la présence d'une plus grande quantité de phosphore dans le cerveau. Je le répète en insistant davantage, la composition d'un organe souffre du trop aussi bien que du trop peu. Je suis heureux de pouvoir dire ici que von Bibra, appuyé sur de nombreuses recherches, confirme la justesse de l'idée à

(1) *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, LXXXV, 222, 223.

laquelle j'étais arrivé par une méditation approfondie du sujet. Il faut que le lecteur ait sous les yeux les propres termes de von Bibra : « *Je suis arrivé, par une* » *série de recherches*, dit-il, *à me convaincre que le* » *phosphore qu'on trouve dans le cerveau est, il faut le* » *dire sans restriction, une partie constitutive intégrante* » *de beaucoup de corps gras de cet organe, et, en consé-* » *quence, il n'y a pas de doute qu'il ne soit d'une manière* » *générale absolument nécessaire à la composition du cer-* » *veau; mais je suis convaincu qu'une plus ou moins grande* » *quantité de ce corps n'a aucune influence sur le plus ou* » *moins d'intelligence, qu'elle ne peut servir de caractère* » *à l'idiotie et au délire, et qu'il n'y en a pas chez les ani-* » *maux supérieurs une plus grande quantité que chez ceux* » *des classes inférieures* (1). » Ces paroles sont dans le journal de Liebig; et pourtant Liebig ne craint pas d'écrire un an après : « L'honneur de la découverte du » phosphore dans le cerveau ne m'appartient pas, mais » il revient à M. le docteur Moleschott, et j'ai déclaré, » dans mes *Lettres sur la chimie*, que cette découverte » était fausse et qu'elle ne reposait sur aucun fait. » Heureusement, on n'a pas besoin de rappeler que les oracles mêmes des hommes les plus renommés tombent sans force devant la voix modeste des recherches sérieuses. Je répète maintenant : Le cerveau contient du phosphore apparemment combiné, en qualité d'acide phosphorique, avec un corps gras ou avec un acide gras. Ce n'est qu'avec l'aide de cette graisse phosphorée que les éléments anatomiques du cerveau peuvent se développer. Liebig accorde que « le cerveau est le siége » de la pensée, que les effets du cerveau doivent être

(1) *Annalen von Liebig, Wöhler und Kopp*, XCI, 12.

» en proportion avec sa masse » (1); donc, sans phosphore point de pensée.

Dans le même sens, on peut dire que nos muscles ne peuvent exister sans potasse; donc, sans potasse il n'y a pas de locomotion possible. Mais il ne s'ensuit pas pour cela qu'un muscle, quand il contient plus de potasse qu'un autre, doive se développer davantage ou se contracter mieux que lui. On ne peut pas plus déduire de ma proposition : sans phosphore, point de pensée, que la quantité de phosphore que contient un cerveau soit une mesure de son activité intellectuelle. Je trouve plutôt que les communications de von Bibra ont complétement confirmé mon idée du rôle que la graisse phosphorée joue dans la vie cérébrale: « Il ne s'ensuit » pas, dit-il, qu'une modification de quantité dans le » rapport de la graisse phosphorée, et, par conséquent, » du *phosphore*, produise une intelligence plus ou » moins grande, le délire ou l'idiotie, ou n'importe » quelle réaction sur la force intellectuelle. Sans doute » il est prouvé que les cerveaux des animaux supérieurs » contiennent en moyenne plus de graisse que ceux » des inférieurs, et, par conséquent, plus de phosphore. Mais le rapprochement des faits montre que » c'est plutôt la graisse, dans son ensemble, qui est » appelée à jouer un rôle en ce lieu plutôt qu'ailleurs. » Je ne nie naturellement pas que le *phosphore ne soit* » *une partie constitutive intégrante de la graisse cérébrale;* » il est même vraisemblable que les graisses phosphorées ont une importance particulière dans l'échange » des matières du cerveau, mais je ne crois pas que la » fonction du cerveau, qui est de servir de substratum

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 471.

» à la pensée et à la volonté, ait pour cause *spécifique* » la quantité de phosphore qu'elle contient (1). » Il n'y a personne qui, lisant avec attention mon livre, m'attribue la pensée d'assigner exclusivement l'activité cérébrale à la graisse phosphorée. Il est incontestable que la cholestérine, l'albumine, la potasse et toutes les autres parties constitutives du cerveau, sont les éléments indispensables de sa composition chimique, et, par conséquent, les conditions absolues de sa fonction. De même que je disais « sans phosphore point de » pensée », j'aurais pu dire : sans albumine, sans cholestérine, sans potasse et même sans eau, pas de pensée, et, pour tout dire en un mot, sans cerveau, pas de pensée. J'ai pris le phosphore de la graisse phosphorée comme la partie constitutive la plus caractéristique du cerveau, et j'ai emprunté son nom, afin d'exprimer aussi nettement que possible que le cerveau n'est pas ce qu'on pourrait appeler un moyen dont une âme se servirait pour penser, mais qu'au sens le plus rigoureux du mot, il est l'organe de la pensée, que l'activité intellectuelle est une manifestation dynamique indissolublement liée à un substratum matériel.

Cela doit suffire pour en finir, dès le début, avec le préjugé qui veut que, pour étudier les fonctions du cerveau, on n'ait pas besoin d'apprendre de quelle substance se compose l'organe de la pensée.

Dans la lettre qui précède, j'ai prouvé d'une manière générale que la composition, la forme et la force des corps se modifient toujours simultanément. L'importance du sujet m'autorise à soumettre cette proposition

(1) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere*. Mannheim, 1854, 105.

à une épreuve particulière, dans un cas particulier, pour le cerveau.

S'il est vrai que la composition, la forme et la force sont réciproquement, l'une pour les autres, des conditions corrélatives; s'il est vrai que leurs modifications marchent toujours de front; s'il est vrai qu'un changement survenu dans l'un des termes suppose chaque fois une modification tout à fait simultanée des deux autres; si, dis-je, ces propositions sont vraies pour le cerveau, il faut que les altérations matérielles que l'on y reconnaît, exercent une influence sur la pensée, et réciproquement, il faut que la pensée se reflète dans les états matériels du corps.

Les altérations matérielles du cerveau exercent une influence sur la pensée.

La portion antérieure et la plus grande de l'encéphale se compose de deux moitiés séparées l'une de l'autre par un sillon profond; réunies toutes les deux, elles ont à peu près la forme d'un hémisphère, tandis que chacune d'elles isolée a plutôt la forme du quart d'une sphère; nonobstant, on les appelle hémisphères du cerveau.

S'il se produit dans les deux hémisphères une dégénérescence, dans bien des cas il suffit qu'elle occupe un espace restreint pour donner lieu à la somnolence, à la faiblesse d'esprit ou à l'idiotie complète.

Le cerveau est recouvert d'une membrane molle qui possède une grande abondance de vaisseaux sanguins (*pie-mère*); au dehors de cette membrane s'en ajoute une autre très-délicate, l'*arachnoïde*. Enfin, l'arachnoïde est doublée à l'extérieur par une troisième enveloppe fibreuse connue sous le nom de *dure-mère*. La moelle épinière, dont le cerveau forme le prolongement immé-

diat, est aussi pourvue de ces membranes. Entre la membrane vasculaire et l'arachnoïde, et, par conséquent, au-dessous de l'arachnoïde, il y a un liquide qu'on appelle liquide encéphalo-rachidien. La quantité de ce liquide peut s'accroître d'une façon excessive dans certaines maladies. Par suite de cet état irrégulier, on voit survenir la faiblesse d'esprit et la stupeur.

Il arrive souvent que des vaisseaux sanguins se déchirent dans le cerveau, de sorte qu'une quantité considérable de sang s'épanche dans la masse du cerveau. C'est le cas le plus fréquent de l'état pathologique qu'on appelle apoplexie. Tout le monde sait que la perte de la conscience est une conséquence de cette altération morbide.

L'inflammation du cerveau consiste en une réplétion des vaisseaux sanguins accompagnée d'une exsudation plastique plus abondante que de raison. Le délire, qui s'exprime en paroles désordonnées, est l'expression de la maladie cérébrale. Celui des fièvres nerveuses et d'autres affections de cette espèce dérive de causes semblables.

Quand les battements du cœur s'affaiblissent au point de donner lieu à une syncope, le sang arrive en trop petite quantité au cerveau; aussi la perte de connaissance accompagne-t-elle la syncope. Le cerveau des décapités meurt rapidement par suite de la perte de sang.

L'oxygène, que nous absorbons pendant l'acte de la respiration, est indispensable au maintien d'une composition normale de tous les organes du corps; mais aucune partie ne ressent aussi vite que l'encéphale que l'oxygène fait défaut dans le sang. Quand le cerveau ne contient que du sang veineux, quand il ne reçoit plus

la quantité nécessaire de sang artériel, des hallucinations surviennent; le mal de tête, le vertige, la perte de connaissance en sont des conséquences habituelles.

Le thé influe sur le jugement; le café excite la puissance artistique du cerveau. Dans ce cas, nous ne connaissons pas la modification matérielle que subit le cerveau, mais nous savons que la faim, qui résulte uniquement d'une restauration défectueuse des pertes que le sang fait de ses parties constitutives, ôte le goût du travail, et rend irritable, remuant et visionnaire.

Quand on prend du vin et des boissons spiritueuses, l'alcool pénètre dans le sang et dans le cerveau (1). En même temps les vaisseaux du cerveau, de la moelle, des nerfs, au point où ils se séparent du cerveau, et ceux des membranes du cerveau, regorgent de sang. La présence de l'alcool, qui se change en aldéhyde en absorbant l'oxygène, et cette accumulation du sang dans le cerveau, telles sont les causes de l'ivresse.

Mais de même que les modifications matérielles évidentes exercent leur influence sur l'activité du cerveau, de même aussi la fonction du cerveau fait sentir profondément la sienne dans les états matériels du corps.

Au fond, le cerveau et la moelle ne sont pas autre chose que de puissants assemblages de fibres nerveuses reliées de plusieurs manières par des cellules nerveuses. En divers points les fibres nerveuses se réunissent en cordons et en faisceaux qui, partant du cerveau et de la moelle, se répandent en rayonnant

(1) Voyez les observations de Bouchardat et Sandras, Schrader, Ogston, et en particulier de Tiedemann, recueillies dans ma *Physiologie der Nahrungsmittel*, Darmstadt, 1850, 535, 536; 2te Aufl. Giessen, 1859, 511, 512.

vers la surface du corps et les divers organes qui le composent.

Il y a dans tous les nerfs un courant électrique. Cette découverte, que nous devons à du Bois-Reymond, est incontestablement une des plus grandes que notre siècle ait faites dans le domaine de la physiologie.

C'est dans les nerfs que se passent les phénomènes qui produisent le plus souvent le raccourcissement des fibres musculaires, et par conséquent le mouvement. En outre, les nerfs sont les organes de la sensation dans le corps. Les impressions que le monde extérieur fait sur nos sens sont conduites par les nerfs à la moelle et au cerveau sous forme de sensations, dans le sens le plus large du mot. Ces impressions arrivent à la conscience dans le cerveau. Les excitations qui frappent les nerfs à la périphérie du corps ne sont perçues que lorsque les nerfs les ont conduites au cerveau.

Du Bois-Reymond a poussé sa célèbre découverte jusqu'à montrer que toute activité des nerfs, qui se manifeste dans les muscles à titre de mouvement, dans le cerveau à titre de sensation, est accompagnée d'une modification du courant électrique du nerf. D'après des recherches aussi ingénieusement conçues que solidement et heureusement conduites, au moment même où le mouvement et la sensation se produisent, le courant du nerf subit une diminution d'intensité. J'ai trouvé plus tard que le phénomène nerveux qui engendre le mouvement peut aussi, dans certains cas, s'accompagner d'une augmentation du courant nerveux primitif (1).

(1) Moleschott. Le phénomène qui, dans les nerfs, engendre la contraction musculaire, peut aussi être accompagné d'une oscillation

Or, le courant électrique opère partout une transformation chimique du conducteur humide qu'il traverse; le courant électrique est même en état de décomposer l'eau, c'est-à-dire une combinaison où les corps simples, l'hydrogène et l'oxygène, les contrastes les plus tranchés, sont combinés intimement. Il en résulte qu'une modification chimique doit marcher de front dans les nerfs avec le courant électrique. A toute altération dans le courant électrique doit correspondre une modification matérielle dans les nerfs.

Le cerveau est un assemblage de fibres motrices et sensitives. Tous les phénomènes de sensation et de mouvement s'accompagnent d'une augmentation ou d'une diminution du courant nerveux, et par suite aussi d'une transformation chimique de la matière.

En un mot, les nerfs propagent au cerveau les changements matériels à titre de sensations.

Les diverses formes de l'activité cérébrale impriment leur cachet aux divers phénomènes matériels de mouvement qui se passent dans le corps.

Les mouvements des passions tiennent sous leur domination le diamètre des vaisseaux sanguins les plus déliés des vaisseaux capillaires du visage. Nous pâlissons de crainte, parce que les vaisseaux capillaires des joues subissent un rétrécissement, et, par conséquent, charrient moins de sang rouge. Au contraire, les vaisseaux capillaires du visage s'élargissent quand il s'empourpre de colère ou rougit de honte.

Quand l'œil brille de bonheur, c'est qu'il est rempli et tendu par des humeurs. Le globe de l'œil, plus for-

positive du courant nerveux. (*Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, VIII, 1-35.)

tement bombé, fait une saillie plus grande hors de la cavité orbitaire, et réfléchit plus de lumière; le globe de l'œil brille par l'effet de la même cause, qui donne à l'œil de l'enfant son agréable éclat.

Dans l'excitation qu'amène le bonheur, le nombre des pulsations par minute s'accroît, tandis qu'au contraire une terreur soudaine et vive ralentit le pouls, et même peut produire un arrêt instantané du cœur, une syncope.

C'est ainsi que les passions altèrent le lait d'une mère. La salive afflue en abondance au souvenir de quelque friand morceau. Déjà les anciens savaient que le foie joue un rôle important dans le bouillonnement des passions. Le chagrin produit des épanchements de bile, ou l'obstruction des conduits biliaires, et, comme sa conséquence, la jaunisse. La tristesse, le chagrin, la joie, la compassion, accroissent la sécrétion des larmes. Il est difficile qu'une personne, avant de prononcer son premier discours, ne soit pas tourmentée par un besoin réitéré d'uriner et par des flatuosités, qui manifestent la nature corporelle de l'excitation de son cerveau.

Enfin, à la suite d'un travail intellectuel soutenu, nous sentons la faim, et pendant ce travail, ainsi que Davy et von Bärensprung le rapportent, la chaleur propre éprouve une élévation (1). On ne peut expliquer ces faits que par l'accélération de l'échange des matières. La faim est un signe certain d'un appauvrissement du sang et des tissus, d'une altération de la composition matérielle qui se propage dans les nerfs jusqu'au cerveau à titre de sensation. Cet appauvrisse-

(1) Von Bärensprung, *Muller's Archiv für Anatomie und Physiologie.* Jahrgang, 1851, 164.

ment ne vient que de l'élimination augmentée, et en particulier d'un accroissement de la quantité d'acide carbonique expiré. En conséquence, il faut que la combustion soit augmentée dans le corps. L'élévation de la chaleur propre pendant le travail de la pensée est l'épreuve qui confirme la justesse de notre opinion, quand nous rapportons l'accroissement des pertes du corps à l'activité cérébrale. La pensée nous apparaît comme un mouvement de la matière.

Ce n'est pas seulement la composition chimique du cerveau qui change par l'effet de son activité. Au développement de la pensée correspond aussi la structure de l'organe, et Liebig a parfaitement raison de dire : « Les effets du cerveau doivent être en rapport avec sa » masse, et les effets mécaniques avec celle de la sub- » stance musculaire (1). »

Sœmmerring, le plus grand anatomiste du corps humain qu'ait produit l'Allemagne, lié avec George Forster d'une amitié qui a rendu son nom cher au peuple, a découvert une loi importante, à savoir, que le cerveau de l'homme, comparé à la masse des nerfs céphaliques, est plus grand que le cerveau de n'importe quel animal (2).

Les hémisphères du cerveau sont divisés à leur surface par de nombreuses presqu'îles qui font une saillie

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 471.

(2) Voyez la figure du cerveau d'un nègre dans le célèbre ouvrage de Tiedemann : *Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Outangs verglichen* (Heidelberg, 1837, pl. III), et dans les classiques *Icones cerebri Simiarum et quorumdam Mammalium rariorum* (Heidelbergæ, 1821, pl. I, fig. 5), la figure du cerveau et des nerfs de la tête du singe à queue de cochon, et (pl. II, fig. 8) celle d'un phoque.

plus ou moins bombée, et sont séparées les unes des autres par des sillons. Ces presqu'îles décrivent des méandres irréguliers, aussi les appelle-t-on circonvolutions du cerveau.

Chez les singes, et même chez ceux que la perfection de leurs facultés intellectuelles rapproche le plus de l'homme, les circonvolutions ont une figure régulière, les presqu'îles présentent sur chaque hémisphère une plus grande analogie de dessin, et elles sont moins nombreuses que chez l'homme (Tiedemann).

Il y a des animaux qui, à l'état sauvage, vivent en société, comme les phoques, les éléphants, les chevaux, les rennes, les moutons et les bœufs, et les dauphins; ils ont pour caractère l'irrégularité et le grand nombre de leurs circonvolutions (Cuvier et Laurillard).

On peut diviser chaque hémisphère du cerveau en cinq lobes: un lobe moyen, caché profondément, est entouré par un lobe antérieur, un postérieur, un supérieur et un inférieur. L'antérieur occupe la région frontale, le postérieur celle de l'occiput, le supérieur celle du vertex, enfin l'inférieur la région temporale du crâne. Les quatre lobes qui entourent le lobe moyen possèdent chacun en particulier trois circonvolutions principales (Gratiolet) (1).

L'homme, l'orang-outan et le chimpanzé ont aussi des circonvolutions sur le lobe moyen; mais chez tous les autres singes ce lobe est absolument lisse.

Gratiolet, à qui nous devons ces connai ssances, s'est efforcé, tout récemment, de faire connaître, d'une manière générale, les différences exactes qui

(1) Gratiolet, *Annales des sciences nat.*, 3e série, t. XIV, p. 185.

séparent le cerveau humain de celui des singes supérieurs. Il a fait voir en particulier que chez l'homme, comme chez le singe, outre les circonvolutions principales, il y a des circonvolutions de passage, qui se dirigent du lobe occipital vers le lobe temporal. Chez l'homme, deux de ces circonvolutions sont grandes et superficielles; elles remplissent complétement un sillon vertical qui, chez les singes, sépare le lobe occipital du temporal. C'est cette particularité qui fait le contraste du cerveau de l'homme et de celui de tous les singes (1).

Il s'en distingue encore par la grandeur de son lobe frontal. Plus un singe est élevé dans l'échelle de l'ordre, plus son lobe frontal est ample. La grosseur de ce lobe le cède de plus en plus à celle des lobes pariétal et occipital, à mesure qu'on descend davantage dans la série des singes (Gratiolet).

La moelle épinière pénètre dans le cerveau par l'intermédiaire de la moelle allongée, qui est située entre la moelle et le cerveau; au-dessus de la moelle allongée se trouve placé le cervelet.

Chez l'homme, le cervelet est complétement recouvert par les hémisphères du cerveau.

Plus un animal est élevé dans la série zoologique, c'est-à-dire plus son développement le rapproche de l'homme, plus aussi le cerveau recouvre complété-

(1) Gratiolet, *ibid.*, p. 186. « Dans le cerveau humain, les deux plis supérieurs de passage de la face externe existent également, mais ils sont tous les deux grands et superficiels, en sorte que la scissure perpendiculaire externe est complétement oblitérée. Cette remarque résout une des plus grandes difficultés que soulève la comparaison du cerveau de l'homme avec le cerveau des singes. »

ment le cervelet. Déjà chez les singes un bord étroit du cervelet dépasse en arrière et en bas les hémisphères cérébraux. L'orang-outan et le chimpanzé eux-mêmes se distinguent très-nettement de l'homme par cette particularité (1). Toutes les autres bêtes, nos ruminants domestiques, le bœuf, le mouton, s'éloignent beaucoup de l'homme sous ce rapport. Les grands hémisphères possèdent de chaque côté une cavité, les ventricules latéraux, qui chez l'homme se prolonge sous la forme d'une corne postérieure se terminant en cul-de-sac : on l'appelle la cavité digitale ; elle manque, en même temps que le lobe postérieur, chez tous les animaux, à l'exception des singes. Le cerveau du bœuf diffère de celui de l'homme d'une manière radicale par sa conformation.

Tiedemann, partant de l'histoire de la formation du cerveau de l'homme, a aussi démontré, il y a près de cinquante ans, la loi d'après laquelle le développement de l'encéphale est d'autant plus grand, que les hémisphères du cerveau, qui recouvrent le cervelet, débordent en arrière, d'une façon plus marquée, chez le fœtus pendant la vie intra-utérine ; le cervelet n'est recouvert par le cerveau qu'au septième mois (2).

Déjà Leuret a fait remarquer que le développement des hémisphères du cerveau, par rapport à ceux du cervelet, a plus d'importance que celui des circonvolu-

(1) Tiedemann, le cerveau du nègre (pl. VI, fig. 1), celui de l'orang-outan (fig. 3), celui du chimpanzé.

(2) Voyez l'ouvrage célèbre de Tiedemann, celui qui a frayé la voie : *Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirns im Fœtus des Menschen, nebst einer vergleichenden Darstellung des Hirnbaues in den Thieren*. Nürnberg, 1816, 142.

tions. Les recherches de Gratiolet donnent à la grosseur du lobe frontal le pas sur le nombre et l'irrégularité des circonvolutions. Ce n'est que lorsque chez deux animaux les hémisphères du cerveau recouvrent en arrière dans la même étendue ceux du cervelet, et quand les lobes frontaux sont également développés dans les deux animaux, que le nombre et l'irrégularité des circonvolutions fournissent un signe positif de la supériorité.

Les singes, et en particulier les lémuridés, n'ont pas les circonvolutions aussi ondulées que celles de l'éléphant ou de la baleine. Mais la forme générale du cerveau, qui chez les singes recouvre en arrière une grande partie du cervelet, et la grandeur du lobe frontal, placent l'encéphale des singes beaucoup plus près de celui de l'homme (Leuret) (1).

Il est donc évident qu'il ne faut pas juger le développement du cerveau des hommes, en ne tenant compte que du nombre et de l'irrégularité des circonvolutions. Ce n'est que si la figure entière du cerveau et le développement du lobe antérieur sont tout à fait les mêmes dans deux cas donnés, qu'on peut prendre les circonvolutions pour terme de comparaison. Si donc on trouve chez des crétins des cerveaux pourvus d'un nombre surprenant de circonvolutions, on n'en peut tirer aucune objection contre le rapport constant qui lie la structure du cerveau à l'intelligence. Ajoutons à cela que des altérations intérieures peuvent complétement annuler l'avantage des circonvolutions.

(1) D'après Leuret, *Anatomie comparée du système nerveux considéré dans ses rapports avec l'intelligence* (Paris, 1839), rappelé par Gratiolet, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 485, 486. — Voyez Gratiolet, *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. XIV, p. 187.

Très-souvent la petitesse de l'encéphale est liée à la faiblesse d'esprit ou à l'idiotie. Tous ceux qui connaissent les portraits de Vésale, de Shakspeare, de Hegel et de Gœthe, ont depuis longtemps acquis la conviction profonde que le front élevé et découvert, qui correspond à un puissant développement du lobe frontal, décèle le grand penseur. Cette loi aussi n'est point infirmée, parce qu'un cerveau avec des grands lobes frontaux peut être développé d'une manière défectueuse dans le reste de ses parties, et n'avoir sur ses hémisphères qu'un petit nombre de circonvolutions séparées par des anfractuosités régulières. Dans ce cas, la supériorité des lobes frontaux est effacée par d'autres désavantages; et il n'est, par conséquent, pas impossible qu'un faible organe de la pensée se loge derrière un grand front. On ne peut pas répéter assez cette vérité, que sa simplicité a fait si souvent méconnaître, qu'il n'y a de rapport direct, simple, entre le développement de chacune des particularités de la structure du cerveau et la prééminence de l'organe dans son entier, que lorsque toutes les autres particularités réunies sont tout à fait égales.

A présent, on comprend pourquoi chez les bêtes l'activité intellectuelle tombe de plus en plus bas à mesure qu'on enlève avec le couteau les hémisphères du cerveau, en procédant du haut en bas. On a conservé en vie pendant plus d'un an, en les nourrissant artificiellement, des oiseaux dépouillés de leur cerveau. La sanguification et la formation des tissus reste encore possible. Mais ces animaux sont tout à fait fermés aux impressions du monde extérieur. La conscience a disparu sans laisser de traces.

De même que nous pouvons voir avec un seul œil,

entendre avec une seule oreille, nous pouvons penser avec un seul hémisphère du cerveau. On a trouvé chez l'homme, dans un seul des hémisphères, de grandes altérations sans que l'activité intellectuelle en ait été sensiblement troublée. On a observé la même chose sur des animaux auxquels on avait excisé l'un des deux hémisphères; cependant, malgré cela, la conscience souffre. Les animaux s'effrayent plus facilement. L'homme qui ne pense qu'avec un seul hémisphère se fatigue plus vite au travail de l'esprit (1).

La proposition émise par Liebig, d'après laquelle les effets du cerveau sont en rapport avec sa masse, reçoit une confirmation singulière des pesées de Peacock. D'après ce dernier, le cerveau de l'homme augmente de poids jusqu'à la vingt-cinquième année, puis il se maintient au même niveau jusqu'à la cinquantième environ, pour diminuer de nouveau d'une manière considérable dans l'âge avancé (2). Ce n'est que par exception que le cerveau conserve, chez les vieillards, la force de l'âge mûr; encore est-il difficile qu'il n'ait rien perdu. Nous savons que Newton est parvenu à l'âge de quatre-vingt-cinq ans, et que dans sa vieillesse l'infortuné s'est occupé des prophéties de Daniel et de l'Apocalypse de Jean. L'Apocalypse de Jean, un joujou à la main du génie qui découvrit les lois de la gravitation! La force est impérissable comme la matière.

On objecte que l'on ne peut pas toujours faire voir chez les aliénés une altération matérielle du cerveau; mais cela n'a pas la moindre signification, et l'on n'en peut pas tirer d'arguments contre l'existence du lien

(1) Schiff, *Lehrbuch der Physiologie*, I, 338.

(2) Voyez ci-dessus, t. I, p. 176, note 1.

indissoluble qui unit le cerveau à l'activité intellectuelle, pas plus qu'on ne peut alléguer contre les lois de la gravitation, que des centaines de savants n'ont jamais observé le cours des astres. On n'a, pour ainsi dire, jamais soumis le cerveau des aliénés à l'analyse chimique. Il faut savoir combien la structure du cerveau est compliquée; il faut savoir que nous sommes à peine parvenus à diviser le cerveau en départements, comme une carte de géographie, pour comprendre qu'il faut acquérir plus de connaissances, ou se donner plus de peine, employer plus de temps qu'on n'en consacre d'ordinaire aux autopsies, si l'on veut se mettre à même de soutenir, dans n'importe quel cas, que le cerveau d'un aliéné était intact dans sa composition chimique et dans sa structure. Les nouvelles recherches de von Bibra ont montré que pour reconnaître ce qu'il peut y avoir de particulier dans le cerveau des aliénés, il ne suffit pas de doser la graisse, l'eau et les substances solides de chaque partie du cerveau (1). Pour y arriver, il faut une étude qui pénètre dans le détail, qui divise le cerveau en ses parties distinctes, et considère dans chacune de ces parties tous les éléments qui la constituent.

Et pourtant on lit dans Liebig: « Ce qu'il y a de » bizarre, c'est..... que bien des gens regardent les » caractères de l'être incorporel, conscient, pensant » et sentant, qui habite le corps humain, comme une » simple conséquence de sa structure intime et de l'ar- » rangement de ses molécules; tandis que la chimie » fournit la preuve la plus indubitable qu'à ne consi-

(1) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere*, 113.

» dérer que cette composition définitive, la plus déli-
» cate, *que les sens ne peuvent plus apprécier* (!), l'homme
» devrait être identique avec le bœuf ou les animaux les
» plus inférieurs de la création (1). » Si Liebig ne sait pas que le cerveau du bœuf diffère essentiellement par sa structure du cerveau de l'homme, il ne faut pas s'en prendre au chimiste (voy. ci-dessus p. 159); mais quand le chimiste déclare que l'arrangement des molécules est le même dans le cerveau du bœuf que dans celui de l'homme, il soutient avec la plume une proposition qui ne relève que de la balance. Jusqu'ici personne n'a essayé de déterminer les rapports numériques d'après lesquels l'albumine, l'oléine, la margarine, la cholestérine, la graisse phosphorée et les divers sels entrent dans la composition du cerveau, du bœuf ou de celui de l'homme. Si, d'après ces indications, on étudie avec la balance, on trouvera dans la composition une différence, par la raison que la structure du cerveau du bœuf n'est en aucune façon identique avec celle du cerveau de l'homme. J'ai écrit ces lignes en 1852, et depuis lors von Bibra a institué une série intéressante des plus laborieuses recherches sur la composition du cerveau. L'un des résultats les plus importants de ce travail consiste en ce que, la quantité de graisse que le cerveau contient dans 100 parties de sa substance devient d'autant plus petite, que l'on descend plus bas dans l'échelle animale. L'homme a dans son cerveau plus de graisse que les mammifères, et ceux-ci plus que les oiseaux. Sans doute le bœuf se distingue par la grande quantité de graisse de son cerveau; mais, la masse du cerveau du bœuf comparée au poids de son

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 61.

corps ne s'élève pas au sixième de celle du cerveau humain (1).

Il n'est pas nécessaire qu'il y ait dans deux organes du corps des substances différentes pour que leur composition chimique ne soit pas la même ; il suffit que les mêmes substances soient combinées l'une avec l'autre dans des proportions différentes. De même que l'acide sulfureux est un corps autre que l'acide sulfurique, parce que celui-ci contient pour la même quantité de soufre un équivalent d'oxygène de plus que celui-là, de même qu'une tasse de café produit un autre goût suivant qu'elle tient en dissolution deux morceaux de sucre égaux en poids ou un seul ; de même aussi deux cerveaux diffèrent s'ils renferment de l'albumine, de la graisse phosphorée, ou n'importe quelle autre de ses parties constitutives en quantités différentes. On rencontre des différences de cette espèce ; la science l'a déjà découvert. Nous avons vu que le cerveau des animaux supérieurs contient une plus grande quantité de graisse, et que celui de l'homme l'emporte sous ce rapport sur celui des mammifères. Ajoutons que ce qui caractérise le cerveau du fœtus pendant la gestation, c'est qu'il ne contient qu'une faible quantité de graisse. Chez les enfants et les petits animaux, au moment de leur naissance, la graisse a déjà considérablement augmenté, et elle augmente encore d'une manière assez rapide avec les progrès de l'âge [Schlossberger, von

(1) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere*, 22, 23, 34, 35, 120, 123, 129. Cet ouvrage substantiel démontre à chaque page l'importance des changements de la composition chimique du cerveau, selon le degré de développement des animaux.

Bibra (1)]. Lassaigne a trouvé moins de graisse phosphorée dans le cerveau du chat et dans celui de la chèvre que dans celui d'un cheval. D'après Hermann Nasse, le cerveau de la grenouille se distingue de celui des autres animaux parce qu'il contient beaucoup d'albumine et de sels (2). Le travail de von Bibra a confirmé ces résultats par des exemples détaillés (3).

Après cela il n'est pas surprenant que Liebig écrive, en se contredisant lui-même : « Il est certain que trois » hommes qui se sont rassasiés l'un avec de la viande » de bœuf et du pain, l'autre avec du pain et du fro» mage ou de la morue, le troisième avec des pommes » de terre, envisagent à des points de vue tout à fait » différents les difficultés qui se présentent à eux ; l'effet » que ces difficultés font sur le cerveau et le système » nerveux varie suivant certaines parties constitutives » propres aux divers aliments (4). » Dans un autre passage il dit encore avec une égale justesse, qu'on ne peut changer l'alimentation en allant à l'encontre de la loi de l'instinct et de la nature, « sans mettre en péril la santé et les activités corporelles et intellectuelles de l'homme » (5).

C'est tout naturel ! La composition chimique est pour la forme et la force, comme le principe la cause néces-

(1) Schlossberger, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVI, 120, 121. — Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn*, 117, 118. — Voyez Hauff und Walther, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXV, 48.

(2) H. Nasse, *Thierische Wärme*, in Rudolph Wagner's *Handwörterbuch der Physiologie*, 104.

(3) Von Bibra, *Vergleichende Untersuchungen*, 32, 88, 99, 104.

(4) Liebig, *Chemische Briefe*, 600.

(5) Id., *ibid.*, 466.

saire et efficiente des phénomènes. Mais la raison pour laquelle un grand nombre de nos contemporains hésitent devant ces principes, c'est qu'ils n'en ont pas une intelligence claire, ou qu'ils n'ont pas le courage d'en avouer les dernières conséquences, sans crainte comme sans égards. Combien de joyeux compagnons n'ont-ils pas répété avec enthousiasme la citation biblique « le vin réjouit le cœur de l'homme », et que de fois n'entendons-nous pas dire par des femmes, des artistes, des savants, que lorsqu'ils ont pris du café le matin, leur esprit s'éveille et s'anime à la production. Pourtant le gai compagnon, la femme, l'artiste, et surtout le savant, s'effrayent d'ordinaire quand ils voient revêtir ce phénomène d'une proposition générale; bien plus, ils voudraient se soustraire à la puissance de leur propre observation, dès qu'ils soupçonnent qu'ils vont être obligés de contribuer eux-mêmes à prouver que l'esprit est une propriété de la matière. Mais on ne peut esquiver l'observation. Le fait est souverain.

Les impressions des sens produisent les dispositions du cerveau. J'ai fait voir avec détail, dans ma seconde lettre, que nous ne pouvons rien concevoir en dehors des rapports qui unissent le monde physique à nos sens. Toute connaissance découle des sens.

Il n'y a pas d'idées innées. Ce qui fait l'unité de la conception de la chose pour nous et de la chose en soi, ce n'est pas que l'essence des choses, et les lois qui président à son développement, projettent leur image dans un esprit indépendant de la matière. Ce qui fait cette unité, c'est bien plutôt cette vérité qu'il n'y a d'une manière générale qu'une seule conception, à savoir : la conception de la chose telle qu'elle est pour nous.

Nous ne concevons que les impressions des corps sur nos sens. Les choses en soi ne consistent que dans leurs propriétés. Mais leurs propriétés sont des rapports avec nos sens, et ces rapports sont des caractères essentiels.

Qu'on se rappelle les découvertes les plus grandes et les plus importantes faites dans tous les temps dans les domaines de la science, de l'art et de l'industrie. C'est toujours une observation des sens qui a donné le branle à tout. Un caractère gravé dans le bois tombe sur le sable, voilà l'art de l'imprimerie trouvé ! Galilée voit dans la cathédrale de Pise une lampe se balancer ; il suit le phénomène avec tant d'attention, qu'il lui arrache la révélation des lois du pendule ! Newton se repose confortablement dans son jardin ; une pomme tombe d'un arbre, la découverte des lois de la pesanteur est assurée ! Et il en est de même chaque fois qu'une découverte porte avec elle une nouvelle idée, et non pas simplement l'application d'idées connues.

« Les géomètres, écrit Biot, ont une notion parfaite » du cercle, quoique la nature ni l'art ne leur aient ja- » mais présenté de cercle parfait (1). » L'affirmation est très-juste, mais il est démontré d'une façon tout aussi certaine que l'homme ne pouvait découvrir les propriétés du cercle qu'au moyen d'une circonférence tracée sur le sable, ou d'un signe sensible.

Quand on dit que les sens ne peuvent jamais embrasser l'essence des choses, c'est qu'on n'a pas une idée claire de l'essence des choses ; il y a même des physiciens qui donnent complaisamment dans cette erreur. Que les idéalistes prennent à tâche d'obscurcir

(1) Biot, *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 557.

l'essence des choses avec leurs phrases ronflantes, le savant devrait comprendre clairement que l'essence d'une chose ne représente rien que la somme de ses propriétés.

Chaque propriété est un rapport avec les sens, mais chaque impression sur les sens n'est qu'un phénomène de mouvement qui se communique à la matière de nos nerfs sensitifs.

Quand l'éther et les molécules solides d'un corps vibrent, il naît une image lumineuse dans l'œil ; les vibrations d'une colonne d'air, d'une corde, d'une peau tendue, produisent le son : nous ne sentons que les substances qui se meuvent à l'état volatil le long des expansions les plus déliées de nos nerfs olfactifs. Le mouvement des matières dissoutes agit sur les nerfs du goût. La pression, la rugosité, la dureté, la chaleur, le froid, sont aussi des états de la matière qui n'arrivent aux nerfs du tact, pour y être perçus, que grâce au mouvement.

Il suffit de rappeler ces faits pour renverser une des erreurs les plus répandues, d'après laquelle l'effet produit sur les sens supérieurs, sur l'oreille et sur l'œil, serait immatériel.

Nous voyons une image colorée. La rétine reçoit l'impression des ondes lumineuses. Là-dessus poussent en nous certaines idées. Nous nous exerçons à contempler les chefs-d'œuvre de l'art, et nous arrivons à l'idée du beau. Le beau n'est point une idée concrète et toute faite que le cerveau de l'homme apporte au monde en naissant. On ne peut imaginer le beau, on ne peut que le découvrir. Et même il ne se découvre qu'aux critiques artistes qui, à l'exemple de Winckelmann, embrassent les chefs-d'œuvre avec leurs sens, comme fait le

naturaliste pour la plante ou l'animal dont il veut pé nétrer les propriétés.

C'est par les sens que la parole nous remue. Quan l'oreille est ouverte, nous sommes sous la puissance d la parole, que son effet soit de nous persuader ou d nous exciter à la contradiction. La parole est toute-puissante quand le discours clair et bien enchaîné s'adapte à notre degré de culture intellectuelle, exercée à comprendre la valeur des mots. Pour arriver à comprendre cette valeur, il faut nécessairement s'exercer comme pour perfectionner la faculté de distinguer les sons, de retenir une mélodie, de démêler le rôle d'une voix dans un chœur, ou celui d'un instrument dans une symphonie.

Le musicien domine notre esprit par un bon choix de contrastes. Si notre susceptibilité est déjà préalablement excitée, la puissance d'une composition musicale peut nous ravir jusqu'aux larmes. La disposition cérébrale que l'excitation des nerfs de l'ouïe a produite se reflète dans d'autres mouvements matériels du corps. « Ce qui a élevé l'acoustique au rang qu'elle occupe à » présent, dit Liebig, c'est la grande découverte que » l'harmonie musicale, dans chaque son qui remue » le cœur, excite à la joie, anime à la vaillance, est » le signe d'un nombre déterminé ou déterminable de » vibrations des parties d'un milieu qui les propage » et par conséquent un signe de tout ce qu'on peu » déduire des lois des ondulations (1). »

Qui ne sait que les odeurs éveillent des souvenirs Les plaisirs de la table indiquent parfaitement la par que l'on doit accorder au sens du goût dans l'état d

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 376.

notre esprit, à ce sens qui nous présente quelquefois dans un grand dîner une compensation, mesquine, il est vrai, pour l'ennui que peuvent donner les convives. Quand l'oreille et l'œil manquent de tout, la langue en devient plus active, et par suite l'influence qu'elle exerce sur notre bien-être augmente. Les impressions du toucher éveillent la volupté et les ardents désirs.

Il n'y a pas d'exception : les impressions de nos sens et les dispositions du cerveau, qui en sont les dépendances, proviennent des mouvements de la matière communiqués aux nerfs sensitifs.

Notre jugement est le jugement des sens. Il s'appuie sur l'observation des sens. Puisque toutes les choses d'une manière générale ne sont que par leurs rapports entre elles, l'impression que fait un objet sur nos organes des sens est aussi un caractère essentiel de l'objet.

Ceci n'exclut pas la possibilité des illusions des sens. L'essentiel est que ce n'est pas la raison, mais encore un organe des sens, une autre observation des sens, qui rectifie l'illusion.

Je ne vois pas l'air, je ne vois ni son oxygène, ni sa vapeur d'eau, ni son acide carbonique. L'homme du monde pourrait douter de la corporéité de l'air, de l'existence matérielle de l'oxygène, de l'eau et de l'acide carbonique dans l'atmosphère ; mais le fer se rouille quand il est exposé à l'air humide, il se combine avec l'oxygène et l'eau, il devient plus lourd, et son poids augmente exactement de celui de l'oxygène et de l'eau dans l'air. Tout le monde sait que le sel de cuisine devient humide à l'air. Une simple expérience chimique fait voir que l'air trouble l'eau de chaux par son acide carbonique. Le poids de l'eau de chaux augmente du

poids de l'acide carbonique. Le carbonate de chaux se précipite.

L'eau réfracte le rayon de lumière autrement que l'air. Quand je pose une pièce de monnaie dans une tasse, et que je m'éloigne de la tasse assez pour cesser de voir la pièce, parce que le rebord élevé de la tasse la cache, elle redevient sur-le-champ visible, si je remplis la tasse d'eau, parce que l'eau réfracte le rayon de lumière plus fortement que l'air. Si dès le début je m'étais mis assez loin pour ne pouvoir plus voir la pièce, il n'y a pas d'idée innée qui m'eût conduit à deviner qu'elle y était. Le cerveau n'aurait pas non plus imaginé la réfraction de la lumière. L'eau rend la pièce de monnaie visible. Ces observations et d'autres analogues amenèrent à la découverte de la réfraction de la lumière.

Deux rangées d'arbres plantés partout à égale distance les uns des autres, de même que les rails d'un chemin de fer, paraissent converger dans un grand éloignement. Nous jugeons de la grandeur d'un objet, et, dans un cas donné, de son éloignement, d'après la grandeur de l'angle formé par deux lignes tirées des limites extrêmes du corps lumineux au centre optique de l'œil. Si le corps que nous voyons conserve sa grandeur, cet angle qu'on appelle l'angle visuel, devient d'autant plus petit que l'objet est plus éloigné de nous. C'est ainsi que dans une grande salle le toit paraît s'abaisser vers l'extrémité opposée au point où nous sommes placés, et le plancher semble se relever. Un sentier de montagne vu de loin nous fait l'effet d'être plus roide. Les hautes tours semblent s'incliner vers l'observateur qui se tient à leur pied.

Cependant les arbres et les rails sont tous aussi dis-

tants l'un de l'autre dans l'éloignement le plus reculé que dans le voisinage le plus proche de nous; la salle a partout la même hauteur; le sentier de la montagne est moins roide, et la tour ne penche pas. Voilà des faits que nous ne pouvions apprendre que par l'observation, et nous les affirmons toujours quand le cas se présente, sans y regarder davantage, depuis que l'observation a été faite une fois, et que des répétitions fréquentes l'ont fait passer à l'état de notion générale.

C'est ainsi que l'enfant apprend à juger les distances en prenant et touchant bien des fois les objets; c'est ainsi que la direction du son lui paraît d'abord incertaine. Plus tard, combien ne faut-il pas d'exercice pour apprendre à distinguer les délicates nuances des sons, des couleurs et des rapports de mesure.

Un sens complète l'autre et le rectifie. Quand nous avons déjà vidé plusieurs verres de vin, si l'on vient à nous bander les yeux, nous ne pouvons plus distinguer avec certitude le vin rouge du vin blanc. Aidée de la vue, la langue perçoit une différence positive.

C'est de la combinaison des perceptions des sens, c'est du complément des sens l'un par l'autre, c'est des observations que nous faisons dans des conditions diverses et par des moyens variés, et avant tout par l'exercice des sens, que se forme un jugement droit. Percevoir complétement par les sens, c'est embrasser la somme des propriétés avec des sens complétement exercés et développés. La somme de toutes les propriétés d'une chose, c'est l'essence même de la chose.

Les propriétés d'un corps ne sont pourtant pas indépendantes les unes des autres. Bien plus, chaque propriété est le résultat nécessaire de toutes les autres.

Nous l'avons déjà vu dans le rapport réciproque de la composition, de la forme et de la force.

C'est grâce à la combinaison nécessaire des propriétés dont la somme exprime chaque corps que nous pouvons trouver, pour les choses qui composent le monde extérieur, une expression générale d'un sens précis.

Ainsi il y a un corps soluble dans l'eau, qui se combine avec les acides pour former des sels solubles, qui, en se combinant avec le chlorure de platine, donne un précipité jaune, et avec l'acide tartrique un précipité blanc cristallin, et qui donne à la flamme une couleur violette. La somme de ces propriétés, le chimiste l'appelle *potasse*. Avec cette dénomination, il s'élève à une idée générale, et elle suffit pour lui rappeler toute une série d'observations isolées.

C'est en cela que consiste le rôle du naturaliste qui décrit. Par exemple, nous rencontrons deux animaux qui sont identiques l'un avec l'autre dans tous leurs caractères, mais qui diffèrent par une seule propriété constante, quoique moins apparente : à cause d'elle on divise ces animaux en deux *espèces*. On connaît un rhinocéros indien et un rhinocéros javanais : ils ont tous les deux pour caractère de porter une corne sur la peau qui recouvre les os du nez ; mais le rhinocéros indien a la peau lisse, tandis que l'espèce javanaise est couverte de petites tubérosités. A cause de l'identité des autres propriétés, on réunit les deux espèces dans un seul *genre*. L'idée de genre est, dans ce cas, la somme d'un certain nombre d'observations qui, faisant abstraction de la peau, considèrent les doigts, les dents, l'excroissance du nez, et constatent dans ces formes une identité générale des propriétés. Le rhinocéros, le tapir et le daman, entre autres caractères communs, ont sept

molaires de chaque côté à la mâchoire supérieure et à l'inférieure, et n'ont point de vésicule biliaire. En conséquence, on réunit le tapir, le rhinocéros et le daman dans une même *famille*. C'est d'après une identité analogue des caractères de cette famille et de plusieurs autres, qu'on institue l'*ordre* des pachydermes, auquel appartiennent l'éléphant, le cochon, l'hippopotame. Et comme toutes les espèces de ces familles partagent avec un grand nombre d'autres la propriété de mettre bas des petits vivants qui sucent le lait des mamelles de la mère pour première nourriture, nous montons à l'idée encore plus générale de la *classe* des mammifères.

L'idée n'est donc pas autre chose que la somme des caractères communs, dont le nombre détermine son étendue et ses limites. Moins l'idée comprend de caractères dans sa composition, plus il y a de corps qui tombent dans son domaine. Si les propriétés identiques dont la somme constitue l'idée sont très-nombreuses, l'idée devient très-précise. C'est ainsi que se forment les idées d'ordre supérieur et d'ordre inférieur.

Du reste, c'est ainsi que se forment toutes les idées, même les plus abstraites. Tout ce qui provoque le mouvement de la matière, nous l'appelons *force*. Mais la formation d'une telle idée n'a de valeur que lorsque le monde réel des phénomènes est derrière elle.

On est souvent obligé d'entendre dire que l'idée abstraite est donnée seulement dans l'entendement; que l'idée, en tant qu'idée, n'entre pas dans le phénomène. Quiconque est de cet avis, voit aussi mal la signification et la formation des idées que les savants qui raffinent sur l'essence des choses. Afin de se prémunir une fois pour toutes contre les spéculations creuses, et de voir dans tous les cas l'idée incarnée et palpable, il

suffit de retenir que l'idée exprime une somme de caractères communs à plusieurs choses.

J'arrive à l'idée générale de matière en la dépouillant de toutes les propriétés par lesquelles une substance se distingue d'une autre. Il n'en reste que trois. La matière est pesante, elle remplit l'espace, elle est susceptible de mouvement : sans ces propriétés, la matière n'existe pas ; mais tous les corps possèdent ces caractères. Je ne peux donc pas dire que la matière, au sens idéal, n'existe pas, il faut dire qu'elle existe partout.

Dès que nous sommes parvenus à reconnaître la somme des propriétés d'une chose et le lien nécessaire qui les unit entre elles, nous sommes en état, avec la connaissance de quelques propriétés, de déduire toutes les autres.

Quand le chimiste rencontre une substance qui donne par l'acide tartrique un précipité blanc cristallin, adhérent aux bords de l'éprouvette en aiguilles courtes et épaisses, une substance qui donne en outre un précipité jaune cristallin par le chlorure de platine, il sait qu'il a dans les mains de la potasse. Il sait alors, sans aller plus loin, qu'il a devant lui une substance soluble dans l'eau, qui possède une affinité intime pour les acides, qui forme avec tous les acides inorganiques des sels facilement solubles dans l'eau, et qui donne à la flamme de l'alcool une couleur violette. Bref, le chimiste, au moyen de deux ou trois propriétés, reconnaît une douzaine de caractères et beaucoup d'autres encore, tous nécessairement liés à ces deux ou trois propriétés.

C'est sur cette logique, qui suppose la liaison nécessaire des propriétés, la fixité de l'idée générale, que repose toute la théorie des réactifs chimiques. Quand le caractère décelé par le réactif suffit pour autoriser à

conclure à l'existence de tout le reste des propriétés, on dit que le réactif est spécifique. La chimie, quand on ne l'exerce pas comme un métier, suppose, partout où l'on s'en sert, l'une des applications les plus profondes, les plus habiles des définitions générales. On peut dire aussi à la gloire de la chimie, comme à celle des mathématiques, quoique à un autre point de vue, qu'elle est une excellente école pour la pensée, une école où l'on apprend à rougir de l'idéalisme exclusif.

Il suffit à Cuvier de quelques os isolés d'un animal fossile, qui ne faisait plus partie des habitants de la terre, pour en déduire toute la charpente de l'animal. Cuvier enseigna que l'os est l'expression expérimentale d'une loi de la forme, qui donne la clef des autres parties du corps.

Mais il n'est pas vrai de dire que la loi fait la forme, que le corps est formé par l'idée. Au contraire, la loi s'obtient par induction au moyen des formes observées par la voie de l'expérience.

La loi n'est que l'expression la plus brève, l'expression générale de l'identité de milliers de descriptions. La loi n'a qu'une valeur historique. Elle interprète le phénomène, elle fixe dans une courte formule la variation des phénomènes et lie la somme des propriétés à un mot, mais elle n'est pas sa maîtresse. Jamais, au grand jamais, on n'a imaginé la loi avant le phénomène; on l'a trouvée dans le phénomène.

Plus nous sommes capables de lire dans le monde des corps, dans la nature et dans les produits de l'art, plus notre pensée est riche. La pensée est l'expression vivante de la loi. Quand nous réfléchissons sur le monde que les sens nous ont ouvert, nous enfantons l'idée. En vérité, quiconque croit avec Liebig que

« personne ne sait d'où vient l'idée » (1), n'est point encore sorti de l'enfance de la pensée. Il n'y a que ce moyen d'expliquer pourquoi il a parlé une fois « du » secours de l'étincelle divine qui nous vient d'en haut, » et qui, nourrie par la religion et la civilisation, est le » fondement de tout perfectionnement intellectuel », pour déplorer ailleurs que « dans l'instinct d'un mou- » ton ou d'un bœuf, il se révèle plus de sagesse que » dans les dispositions d'une créature, qui se considère » assez souvent d'une façon étrange comme l'image de » la substance de tout bien et de toute raison (2). »

Les jugements, les idées et les raisonnements forment la totalité de notre pensée. Le raisonnement résulte de l'idée, l'idée du jugement, le jugement de l'observation par les sens. Mais l'observation par les sens est la perception de l'impression que fait sur nos nerfs un mouvement matériel qui se propage jusqu'au cerveau.

La pensée est un mouvement de la matière.

Ch. Vogt a très-bien dit : « Tout savant arrivera, je » pense, par la logique, à penser que toutes les facultés » que nous comprenons sous le nom de propriétés de » l'âme ne sont que des fonctions de la substance céré- » brale, et si j'emprunte une comparaison vulgaire, que » ces pensées ont avec le cerveau à peu près le même » rapport que la bile avec le foie, ou l'urine avec les » reins (3). » La comparaison est inattaquable si l'on comprend ce qui en fait l'objet. Le cerveau est aussi

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 71.

(2) Id., *ibid.*, 617, 538.

(3) Karl Vogt, *Physiologische Briefe für Gebildete aller Stände*. Stuttgart und Tübingen, 1847, 206.

indispensable à la création de la pensée que le foie à la préparation de la bile, que les reins à la sécrétion de l'urine. Mais la pensée n'est pas plus un fluide que la chaleur ou le son. La pensée est un mouvement, une transformation de la matière cérébrale; l'activité intellectuelle est une propriété du cerveau tout aussi nécessaire, tout aussi inséparable que la force, partout inhérente à la matière comme son caractère essentiel et inaliénable. Il est aussi impossible que le cerveau intact ne pense pas qu'il est impossible que la pensée soit liée à une autre matière que le cerveau.

Notre pensée, nos sentiments, nos passions, sont produits et entretenus par des impressions des sens. Un jour, un savant proposa, pour suppléer à la peine de mort, d'isoler les condamnés dans l'obscurité en leur bouchant les oreilles avec de la cire. Voilà le comble de l'esprit de persécution où notre siècle est parvenu! Isoler et priver des sens tout à la fois, il n'y a pas de manière plus exécrable de tuer l'esprit!

DIX-NEUVIÈME LETTRE.

LA VOLONTÉ.

Que la feuille d'une plante soit ovoïde ou losangique, que ses bords soient entiers ou découpés en forme de barbe de plume, tout le monde voit dans ces figures l'effet des causes du développement, dont la forme de la feuille nous apparaît comme une conséquence nécessaire, indépendante de toute volonté libre.

Une espèce d'abeille cache ses œufs dans les feuilles de la rose, une autre les dépose dans celles du pavot blanc, tandis qu'une troisième les entoure d'une muraille de petites pierres. On nous raconte que presque chaque espèce d'araignée tisse une toile différente. Le lemming de Scandinavie serre ses provisions dans une bâtisse composée d'une seule chambre, tandis que le hamster en bâtit une à plusieurs compartiments. Nous attribuons ces effets à une loi de l'instinct, et nous y retrouvons encore, entre la cause et l'effet, une conséquence qui a déjà inspiré l'idée bizarre de mettre, ne fût-ce que pour un instant, la bête au-dessus de l'homme, parce que l'instinct le préserve de bien des égarements.

L'homme est supérieur à la bête parce qu'il connaît la loi de l'instinct. « C'est la connaissance de cette loi, » dit Liebig, qui, en ce qui touche une fonction com- » mune à l'homme et à la bête, élève l'homme au-dessus » des êtres dépourvus de raison et lui fournit, pour le » gouvernement de ses besoins corporels, conditions » de son existence et de sa durée, un secours dont la » bête n'a pas besoin, puisque chez elle les prescri- » ptions de la loi de l'instinct ne sont pas dominées par » l'excitation des sens, ni par l'antagonisme d'une » volonté pervertie (1). »

En même temps on vante cette volonté antagoniste et pervertie comme le bien le plus sublime de l'homme, en disant qu'elle est la source de toutes ses prérogatives morales et de tout ce qu'il regarde comme sacré.

Néanmoins on accorde que les degrés les plus inférieurs de la volonté sont communs aux hommes et aux animaux, et longtemps on se plut à voir dans le mouvement volontaire un caractère distinctif qui séparait les plantes des animaux. Entre les hommes et les bêtes il ne restait qu'une différence : les hommes se distinguaient des bêtes par une conscience plus développée.

Mais alors qu'est-ce que la conscience, ou pour me servir du terme emphatique de l'école, la conscience de soi qui fait de l'homme le roi de la terre?

Des mouvements matériels, liés dans les nerfs à des courants électriques, sont perçus dans le cerveau en qualité de sensation ; cette sensation est le sentiment de soi, la conscience.

Dans l'enseignement de l'école, quand on parle de la pensée, les têtes les plus studieuses ont ordinairement

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 466, 467.

beaucoup de peine à concevoir parce que l'école ne peu consentir à expliquer la formation des jugements, des notions et des raisonnements, en montrant leur réalité vivante et consistante. On ne réussit pas davantage, quelque effort qu'on fasse, à persuader à l'élève de détourner ses regards de l'arbre vert de la Nature, de séparer la pensée de la matière, pour recevoir les idées purement abstraites qui torturent le cerveau, et le poussent dans un monde d'ombres.

Il en est absolument de même pour les représentations de la conscience qui sont à la mode dans l'école. On y dit à l'écolier qu'il ne doit pas se laisser persuader qu'il n'y ait qu'un simple rapport entre la conscience et le monde extérieur. L'homme, dit-on, a la faculté d'opposer son *moi*, en tant que sujet connaissant, au monde extérieur, c'est en cela que consiste la conscience qui élève l'homme au-dessus des bêtes. Mais cette définition est encore beaucoup trop claire. La clarté ne doit être qu'apparente. Puis on prend l'opposition du moi et de la chose en soi, et l'on exhibe tous les chiffons de la vieille friperie des idées abstraites. Et trop souvent on aboutit à transformer une idée claire en un mystère sacré, ou pour tout dire, le malheureux élève

En est aussi étourdi . . .
Que si une roue de moulin lui tournait dans la tête.
. . . .
Et dans les salles et sur les bancs,
Il perd l'ouïe, la vue et la pensée.

La chose en entier est claire comme le jour quand on ne l'obscurcit pas artificiellement. La chose en soi n'est

qu'avec et par ses propriétés, par ses rapports avec d'autres choses, par les impressions qu'elle fait sur nos sens. L'homme qui pense est la somme de ses sens, comme la chose que nous observons est la somme de ses propriétés. Aussi la connaissance de l'homme a-t-elle pour limite les sens de l'homme; mais cette limite renferme toute la mesure de la chose, puisque la chose ne peut être mesurée en même temps que par une seule mesure de même nature. D'autres créatures trouvent d'autres sommes. L'homme a tout à fait raison de ne pas se soucier de la connaissance qui se réfléchit dans le ganglion cérébral de l'insecte, ou dans le cerveau d'un habitant de la lune, s'il en est. L'homme a le droit de dire : la chose en soi est la chose pour moi.

Il est évident que la sensation suppose un rapport de nos organes des sens avec les choses. Pour préciser davantage, la sensation est un rapport des sens avec les choses. Il en résulte donc en général que nous opposons notre moi aux choses qui agissent sur nous.

La conscience n'est rien que la faculté de percevoir les rapports des choses avec nous.

Plus nos nerfs sensitifs subissent fréquemment l'impression d'un mouvement matériel, plus nous avons entendu, vu, observé, jugé, compris et conclu, en un mot, plus notre pensée s'enrichit et plus l'opposition entre le moi et la chose située hors de nous devient saillante. L'exercice élève le niveau de la conscience; elle grandit avec la connaissance, elle reçoit d'autant plus nette l'empreinte d'une individualité distincte, que les perceptions des sens se lient plus fortement en elle.

Aussi le développement de la conscience marche-t-il de front avec celui de la pensée. Nous le voyons dans

la série des animaux et dans les âges de l'homme. L'enfant vit presque inconscient pendant les premiers mois sans se rappeler les états qu'il traverse et les choses qui agissent sur lui. Il n'y a pas dans la conscience des bêtes et celle de l'homme une différence d'espèce, mais une différence de degré. Cette différence peut être extrêmement grande, comme aussi, il faut le dire, elle peut être extraordinairement petite. Mais il y aura toujours des savants qui, à l'exemple de ces docteurs du temps de Voltaire, dont parle Condorcet, passeront leur vie dans la crainte que, si l'on supprimait les idées innées, leur âme ne fût plus séparée de celle des animaux par une différence assez grande (1).

Pour qu'on puisse conserver la sensation comme fait de conscience clair, il faut que l'impression sur les sens ait été fréquemment répétée. Pourtant la conscience provient toujours de la sensation. Nous refusons la conscience à l'animal quand il cesse de sentir.

La conscience est donc aussi une propriété de la matière.

(1) Condorcet écrivait à propos des *Lettres sur les Anglais*, de Voltaire : « La publication de ces lettres excita une persécution dont, en les lisant aujourd'hui, on aurait peine à concevoir l'acharnement : mais il y combattait les idées innées ; et les docteurs croyaient alors que, s'ils n'avaient point d'idées innées, il n'y aurait pas de caractères assez sensibles pour distinguer leur âme de celle des bêtes. D'ailleurs, il y soutenait avec Locke qu'il n'était pas rigoureusement prouvé que Dieu n'aurait pas le pouvoir, s'il le voulait absolument, de donner à un élément de la matière la faculté de penser ; et c'était aller contre le privilége des théologiens, qui prétendent savoir à point nommé, et savoir seuls, tout ce que Dieu a pensé, tout ce qu'il a fait ou dû faire depuis et même avant le commencement du monde. » (*Œuvres de Condorcet*, Paris, Firmin Didot frères, 1847, IV, 31.)

La conscience a son siége dans le cerveau seulement, parce que ce n'est que dans le cerveau que la sensation est perçue. La conscience fait défaut quand le cerveau ne contient plus de sang, ou quand un engorgement de sang veineux noir met un terme à son activité régulière. Les animaux dont on coupe la tête et les décapités n'ont point de sensation ni de conscience, bien que les animaux, après la décapitation, puissent exécuter des mouvements synergiques d'un caractère particulier.

Jobert (de Lamballe) a fait une observation remarquable sur une jeune fille de vingt et quelques années, chez qui, à la suite d'une compression de la partie supérieure de la moelle épinière, cet organe était devenu inactif dans toute sa longueur. Les mouvements et le sens du tact étaient complétement paralysés dans tous les membres et dans le tronc. Mais la conscience était conservée. D'abord la jeune fille pouvait encore dire oui et non, bientôt après elle ne le put plus, quoiqu'elle essayât positivement d'exécuter les mouvements des lèvres nécessaires pour prononcer ces mots. La malade mourut au bout d'une demi-heure (1).

Donc la moelle peut être dans sa totalité réduite à l'inaction sans dommage pour la conscience.

Du cerveau et de la moelle épinière naissent en divers points des cordons nerveux qui, à leur point d'émergence, ne contiennent ordinairement que des fibres sensitives ou des fibres motrices. Dans les parties centrales du système nerveux, c'est-à-dire dans le cerveau et dans la moelle épinière, et aussi dans beaucoup de troncs nerveux, à une certaine distance des parties

(1) Jobert (de Lamballe), *Comptes rendus*, XXXIII, 535, 536.

centrales, les fibres sensitives et les fibres motrices s'accolent étroitement les unes aux autres.

Les impressions qui provoquent une sensation sont conduites de la périphérie du corps à la moelle épinière et au cerveau. Les fibres sensitives conduisent d'une manière récurrente vers les parties centrales.

Dans les parties centrales du système nerveux, l'excitation qui a frappé une fibre sensitive se transmet à une fibre motrice; et comme la modification matérielle qui se fait en elles se propage vers la périphérie du corps jusqu'aux muscles, et détermine la fibre musculaire au raccourcissement, on dit que les fibres motrices conduisent d'une manière directe.

On appelle direct le mouvement qui se fait du centre à la circonférence, et récurrent celui qui se fait de la circonférence au centre. Bien que la direction de ce mouvement soit en réalité récurrente pour les fibres sensitives et directe pour les motrices, il est probable, d'après du Bois-Reymond, que le mouvement peut se diriger dans les deux sens, aussi bien dans les fibres motrices que dans les sensitives (1).

Dès qu'une excitation frappe une fibre sensitive à la périphérie du corps, elle se propage en qualité de modification matérielle dans les parties intimes du système nerveux.

Mais ici deux cas se présentent. Ou l'excitation est de l'espèce de celles qui se propagent dans le cerveau sous forme de sensation et alors nous en avons conscience; ou bien sa modification matérielle est conduite jusqu'à la moelle et au cerveau, sans doute, mais pourtant sans

(1) Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Electricität*. II, 590.

y être perçue en qualité de sensation, c'est-à-dire sans que nous en ayons conscience.

Dans les deux cas l'excitation des fibres sensitives peut se communiquer aux fibres motrices. Avons-nous conscience de l'impression faite dans le cerveau avant la production du mouvement, nous disons que ce mouvement est volontaire. Au contraire, on dit que c'est un mouvement transmis, au sens strict (*mouvement réflexe*), s'il se propage de la fibre sensitive à la fibre motrice, sans que l'excitation soit perçue en qualité de sensation, ou avant qu'elle le soit.

Par exemple, nous rencontrons une personne de notre connaissance; son image modifie les courants électriques dans la rétine de l'œil, la modification matérielle se propage dans le cerveau, nous reconnaissons un ami, et après que nous avons eu conscience de l'impression, nous saluons par un mouvement dit volontaire. Au contraire, supposons une société de personnes réunies autour d'une table; il entre quelqu'un qui connaît et salue un membre de la réunion, celui-ci rend le salut et l'accompagne de quelques gestes étranges; involontairement, sans en avoir conscience, nous nous mettons à saluer avec lui par les mêmes gestes. Voilà un mouvement transmis, un de ces mouvements qu'on appelle involontaires.

Les deux espèces de mouvements ne sont rien moins que délimités d'une manière précise. A la lumière, la pupille de l'iris de l'œil se rétrécit, tandis qu'elle se dilate dans l'ombre; nous chatouillons quelqu'un pendant son sommeil, il fait des mouvements pour repousser, sans se réveiller; une forte détonation réveille un individu endormi, et quelquefois il n'apprend qu'après coup que c'est un bruit qui a interrompu son som-

meil. Tous ces mouvements sont transmis et inconscients ; ils s'accomplissent avant même que la lumière, le chatouillement ou la détonation aient été perçus en qualité de sensation. On compte aussi parmi les mouvements transmis ceux que nous exécutons quand nous éternuons en regardant le soleil, quand nous fermons brusquement les paupières, alors qu'une mouche ou un grain de sable nous tombe dans l'œil, quand nous rions alors qu'on nous chatouille pendant que nous sommes éveillés. Et pourtant tous ces mouvements servent de transition aux mouvements volontaires et conscients. Il arrive souvent que nous avons conscience d'une forte impression de la lumière solaire, de l'action excitante de la mouche ou du chatouillement, avant que nous soyons contraints d'éternuer, de cligner les paupières et de rire. Moins on s'attend à être chatouillé, plus il est certain qu'on rira, plus il est certain qu'à la suite du chatouillement l'impression se transmettra aux fibres nerveuses qui déterminent des mouvements des muscles de la face dans le rire.

Ce dernier phénomène a besoin d'être exprimé d'une manière générale. Plus la conscience est voilée, plus une excitation peut se transmettre facilement des fibres sensitives aux fibres motrices. C'est pour cette raison que les enfants évacuent de l'urine plus facilement la nuit que le jour, c'est pour cela que les hommes ont pendant le sommeil des pertes séminales sans le savoir. Et nous pouvons provoquer chez les animaux décapités tous les mouvements transmis possibles plus vite que chez ceux qui possèdent encore leur cerveau, et avec lui la conscience. Des grenouilles décapitées sautent sur la table; si on les met dans un plat avec de l'eau, il arrive souvent qu'elles montent sur le bord. Les morceaux

d'une anguille qu'on a coupée en tranches bondissent hors de la marmite.

En un mot, entre les mouvements soi-disant volontaires et les mouvements transmis, il n'y a pas de différence, si ce n'est que l'excitation, qui a produit le mouvement, a été perçue par la conscience plus ou moins, ou, pour tout dire, pas du tout. Nous n'avons pas conscience de l'excitation parce qu'elle se transmet des fibres sensitives aux fibres motrices, et par suite provoque un mouvement, mais parce que la fibre sensitive propage, avec une force convenable, l'impression de l'excitation jusqu'au lieu où se fait la sensation, c'est-à-dire jusqu'au cerveau.

Quand la transmission a été perçue par la conscience au moyen de la sensation, nous disons que le mouvement est volontaire.

Mais ce mouvement est lié comme tous les autres à une modification du courant électrique dans les muscles et les nerfs. Du Bois-Reymond a fait voir que lorsque nous contractons le bras, il y a un courant électrique qui se dirige de la main vers l'épaule. En règle générale, ce courant est plus fort à droite qu'à gauche (1).

Le courant électrique qui produit une déviation de l'aiguille aimantée, et les modifications qu'il subit, ne proviennent que des états matériels des nerfs résultant des excitations ou des impressions des sens. Sans une modification de cette nature dans le système nerveux,

(1) Du Bois-Reymond, *Comptes rendus*, XXVIII, 641, 643; XXIX, p. 8.— Dans une lettre d'Alexandre de Humboldt à Arago et dans mes *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, II, 269.

et disons-le, dans le cerveau, il ne se fait pas de mouvement volontaire.

Mais cette modification vient du dehors.

La modification est, par rapport à l'excitation, comme un effet à la cause qui le produit.

Cette raison fait voir d'une manière tout à fait probante que le mouvement n'émane pas d'une volonté prétendue libre.

On ferait mieux de dire, que la volonté est l'expression nécessaire d'un état du cerveau produit par des influences extérieures. Il n'y a pas de volonté libre, il n'y a pas de fait de volonté qui soit indépendant de la somme des influences qui, à chaque moment, déterminent l'homme et posent autour même des plus puissants les limites qu'ils ne peuvent franchir.

J'ai présenté cette démonstration avec intention sans prendre préalablement la peine de la rendre vraisemblable et sans faciliter ma tâche. Je veux à présent montrer que toutes les objections échouent contre la rigueur de cette preuve; je veux ôter aux scrupules leurs armes; je veux avant tout établir que les propositions que je viens de formuler ne contiennent rien de nouveau, mais au contraire, que j'emprunte mes paroles à une conviction partagée, qu'on le sache ou non, qu'on le veuille ou non, par tout ce qu'il y a d'esprits cultivés dans l'humanité.

La plupart des hommes ont de la peine à s'expliquer la nécessité naturelle de leur être et de leurs actions, parce qu'ils ne réfléchissent pas que toutes les impressions que reçoivent l'oreille et l'œil sont des influences matérielles, des phénomènes de mouvement qui entraînent avec eux des modifications matérielles, parce qu'ils ne s'aperçoivent pas que chaque coup qu'ils boi-

vent, chaque bouchée qu'ils avalent produit un changement dans le sang et par suite dans les nerfs, que chaque ondée d'air, chaque modification de l'atmosphère influe sur les nerfs cutanés, et que cet effet se transmet au cerveau.

Un ami qui nous salue, qui nous cause de la joie ou éveille notre sympathie, tend notre jugement, nos idées, notre raisonnement, et se rend maître de notre cerveau et de nos nerfs par le fait d'une communication familière. L'enfant qui balbutie ne comprend que le son des mots, et souvent même il ne le comprend pas : il montre de la joie et sourit aux sons de voix les plus sérieux comme aux plus gais. Peu à peu il apprend à rattacher les mots à des représentations, et la modification matérielle de ses nerfs se propage dans le cerveau de manière, qu'il peut juger les choses et s'y intéresser.

Nous lisons un bon livre. La méditation que nous faisons sur une remarque, qui nous a frappé, est une conséquence tout aussi nécessaire de l'impression faite sur les yeux, que le sentiment d'horreur qui s'empare de nous en face de la peinture sublime et saisissante d'une immense infortune. Aussi n'est-ce pas davantage par un effet de la volonté que nous pensons. Les sens nous amènent peu à peu à penser. L'enfant a besoin de voir et d'entendre souvent une même chose, avant de pouvoir comparer les unes avec les autres les diverses impressions, et les combiner pour en faire un jugement. Ce n'est que plus tard encore qu'il saisit ce qu'il y a de commun dans deux jugements ou dans un plus grand nombre, et en fait une notion. Enfin il apprend à raisonner sur des notions.

Dans un beau pays notre attention s'éveille. Quand une impression s'exerce avec puissance sur l'homme,

quand par exemple un pauvre habitant de vallées marécageuses gravit les Alpes, il est pour ainsi dire ravi à lui-même, et il oublie pendant des heures et des jours entiers tous les rapports qui, jusque-là, l'avaient uni au monde extérieur. La disposition d'esprit est la conséquence nécessaire des impressions que reçoivent les sens, c'est un effet tout à fait proportionné à la cause. Le poëte lui-même n'est pas maître de sa veine.

La musique excite à la rêverie ; la vanille, les œufs, le vin chaud, éveillent les désirs; un ciel sombre et nuageux, une atmosphère chargée de vapeurs d'eau nous accable et nous enlève notre ardeur au travail.

Sommes-nous jamais affranchis de l'influence des impressions qui se pressent sans relâche, et qui souvent fondent en foule sur nous, et qui ne sont en somme que des mouvements matériels? Très-souvent les effets se fondent les uns dans les autres par des nuances si légères, que nous n'avons pas conscience d'une cause isolée qui, pourtant, comme une flèche, s'élance en avant jusqu'au but, d'où naîtra une nouvelle modification.

L'air nous cause une impression de fraîcheur en hiver, après un orage et sur des montagnes élevées. Mais en hiver et sur des montagnes élevées, l'oxygène a un autre mouvement que dans le fond d'une vallée et dans la chaleur étouffante de l'été. Schoenbein appelle cet oxygène : oxygène excité, et il a trouvé qu'il y en avait davantage en hiver, sur les montagnes élevées et après qu'un orage a purifié l'air. Le savant profond de Bâle nous a fait comprendre littéralement cette dernière dénomination. En effet, cet oxygène, excité par la lumière, détruit les composés organiques qui, en qualité de miasmes, corrompent l'air, et naturellement plus

l'oxygène excité est abondant, plus il les détruit d'une manière complète.

Les cadavres en putréfaction peuvent empester l'air. Nous le remarquons quand nous entrons dans l'atmosphère moisie d'une église qui servait naguère encore de lieu de sépulture. Dans une ville qui contient dans son enceinte des cimetières, le nez ne remarque pas l'odeur de la putréfaction. Mais ces mêmes substances que nous sentons quand elles sont accumulées en grande quantité, n'en vont pas moins se mêler à l'air et à l'eau. Elles manifestent d'autant plus sûrement leur influence sur le corps, qu'elles empoisonnent dans l'air et dans l'eau toutes les conditions les plus indispensables de la vie. En effet, une substance qui peut empester l'air quand elle est en grande quantité, ne cesse pas de le corrompre parce que son action est trop affaiblie pour impressionner l'odorat. Personne ne peut dire la fréquence des fièvres putrides produites en été par les émanations des cimetières. On n'a rien à répondre à celui qui avance l'opinion que les cimetières dans l'enceinte d'une ville alanguissent la pensée. Encore aujourd'hui, à Mayence, on appelle air d'or une partie de la ville située sur la hauteur, parce qu'en 1666 elle fut préservée de la peste.

A partir du moment où nous sommes engendrés, nous entrons dans un océan de matière en circulation. Et nous savons que l'enfant nouveau-né est le produit de causes nombreuses et de vibrations de la matière qui ne s'arrêtent jamais; il n'apporte pas au monde avec lui quelque chose comme des idées innées, mais des dispositions toutes faites, œuvre de beaucoup de générations. La race dont est sorti Vésale était, depuis le père de son bisaïeul jusqu'à son propre père, composée

de médecins distingués. Le frère lui-même du fondateur de l'anatomie humaine fut entraîné vers la science de la nature par une inclination si irrésistible, que ses parents ne purent pas le plier à l'étude du droit (1). Riehl a rappelé il n'y a pas longtemps, dans son ouvrage instructif sur la société civile, que précisément au moment où l'on se moquait le plus de la noblesse de naissance, on s'était mis péniblement à la recherche de l'arbre généalogique de Sébastien Bach; on vit alors apparaître une longue et noble file d'aïeux composée de maîtres du plus ferme talent, et l'on attribua avec raison à cette noblesse artistique une bonne part des qualités distinguées de cet homme rare (2). Qu'il serait facile de multiplier les exemples!

Ainsi l'homme est la résultante de ses aïeux, de sa nourrice, du lieu, du moment, de l'air et du temps, du son, de la lumière, de son régime et de ses vêtements; sa volonté est la conséquence nécessaire de toutes ces causes, elle est liée à une loi de la nature que nous reconnaissons dans sa manifestation, comme la planète à sa marche, et la plante au sol sur lequel elle croît.

Si quelqu'un nous adresse la parole et que nous lui répondions, si une douleur nous arrache un cri, le mot que nous prononçons, le cri que nous poussons, est le produit nécessaire de la question ou de la douleur. Dans le cas même où nous ne répondons pas, dans celui où nous réprimons le cri, l'effet est juste en proportion avec la cause souvent très-compliquée qui le fait naître.

On dit que nous pouvons à volonté supporter la dou-

(1) Boerhaave et Albinus dans leur préface d'*Andreæ Vesalii opera omnia*, Lugduni Batavorum, 1725, 4.

(2) Riehl, *Die Bürgerliche Gesellschaft*, 123.

leur impassibles, ou la déceler par un mouvement. Il n'y a rien de plus inexact. Nous nous mordons les lèvres, nous grimaçons, nous frappons du pied, nous fronçons les sourcils, nous nous lamentons, nous nous plaignons, nous crions, ou bien nous ne dérangeons pas un pli de notre visage, tout cela suivant la violence de la douleur, et suivant le degré d'excitabilité que nous pouvons opposer à une excitation donnée à un moment donné. L'enfant ne crie jamais sans cause. Il a faim, il est mécontent ou il souffre ; son mécontentement peut provenir d'un désir qui n'a point été satisfait ou d'un malaise; son agitation, quand il crie, correspond toujours exactement aux causes matérielles qui produisent la faim, le mécontement ou la douleur.

Il semble que l'acte par lequel un savant institue une expérience soit l'un des faits qui expriment le mieux la détermination d'une volonté libre. Mais l'expérience est le résultat d'une pensée, et la pensée est un mouvement de la matière qui, lui-même, est une conséquence d'une perception des sens. Si la perception par les sens égale l'exactitude et la perfection de celle que des sens exercés peuvent recueillir, la pensée sera juste, l'expérience rationnelle et ses résultats utiles, comme toutes les bonnes réponses qu'on fait à une question rationnelle. En effet, de même qu'on reconnaît dans la pratique, aux questions judicieuses qu'ils font, les hommes profonds dont la science étendue repose sur un fonds solide, on mesurera la raison d'un physiologiste à la sagesse de ses expériences. Mais l'expérience est une conséquence nécessaire de son développement. L'expérience n'est donc pas l'expression d'un mouvement de volonté autonome. Ce qui nous pousse à tenter l'expérience obéit bien plutôt à une loi fixe

qui rattache à des états matériels toute l'activité intellectuelle.

On remarquera à bon droit que l'expérience ne dépend pas simplement du développement intellectuel du physiologiste, mais aussi d'une manière absolue des moyens et des instruments dont il a besoin pour la préparation de son expérience. En effet les vers de Gœthe

« Et ce qu'elle ne veut pas révéler à ton esprit,
» Tu ne le lui arracheras pas avec des leviers et des vis, »

ne sont vrais que dans le sens que je viens d'indiquer. Le levier et la vis n'ont une utilité effective que lorsque des perceptions des sens ont préalablement manifesté une pensée raisonnable au cerveau de l'homme. Mais sans levier, sans vis, sans zinc, sans cuivre, sans platine, sans microscope, sans couteau et avant tout sans mesure et sans poids, l'idée du savant ne peut rien. Sans doute ces moyens et ce développement intellectuel du savant se trouvent souvent en des mains différentes. Dans ce cas, l'idée reste quelque temps à l'état de désir, sans pouvoir acquérir la puissance de la volonté. Mais bientôt le développement intellectuel de l'observateur laborieux dépasse le niveau de celui qui possède la balance et le creuset, et ne s'en sert pas. Le développement intellectuel devient un moyen d'acquérir les instruments. Le développement et les instruments créent l'expérience, résultat infaillible de leur réunion.

Le langage et le style, les expériences et les conclusions qui en découlent, les bonnes actions et les crimes, le courage, la faiblesse et la trahison sont tous des phénomènes de la nature, conséquences nécessaires

en proportion directe avec des causes inéluctables, tout comme la révolution du globe.

On fait cas de la vérité historique, de la fidélité poétique, et l'on méprise un roman et un poëme où les caractères des personnages découlent de suppositions dénuées de vérité. Ces créations pèchent contre les lois du développement de l'humanité, elles ne satisfont pas aux exigences de la suprême vérité, au principe de causalité. Parler de la vérité poétique serait un nonsens si la volonté de l'homme était affranchie des limites de la causalité.

Par conséquent, on a tort de prétendre, comme le fait Liebig, que « la nature morale reste éternellement » la même » (1). « La même race, dit Prichard, qui, » du temps de Tacite, vivait au milieu des marais et » dans des antres solitaires, a bâti Pétersbourg et » Moscou, et la descendance de ces aïeux qui man- » geaient de la chair humaine et des poux mange » aujourd'hui du riz, des raisins ou du pain de fro- » ment (2). » Rappelons-nous que Jupiter et Junon étaient frère et sœur et que les Grecs avaient incarné leurs idées morales dans leurs dieux. Je fréquentais encore l'école de Clèves, quand une petite fille, qui aimait beaucoup son frère, me demanda pourquoi les hommes ne faisaient pas comme les petits oiseaux, qui se mariaient entre frères et sœurs. Liebig se contredit

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 5.

(2) Prichard, *Researches into physical history of mankind*, 4th ed. London, 1841, 174. « The same race, who in the age of Tacitus dwelt in solitary dens, amid morasses, have built St. Petersburg and Moskow, and the posterity of cannibals and phthirophagi now feed on rice, plum or wheaten bread. »

lui-même quelques lignes plus bas par une phrase très-juste : « Depuis la découverte de l'oxygène le monde » civilisé a subi une révolution dans les mœurs et les » habitudes (1). »

Comme l'homme pris à part, l'espèce est éternellement comprise dans le devenir. Le cerveau et son activité se modifient avec le temps, et avec le cerveau les mœurs, qui reflètent le degré de développement auquel est arrivée la moralité générale. Le paganisme faisait encore de la haine pour ses ennemis la vertu la plus sublime, tandis que le christianisme demandait qu'on aimât aussi son ennemi. Nous savons que la haine, prise comme phénomène de la nature, n'est pas un mal ; cependant nous condamnons celui qui veut nuire à son ennemi, parce que cet acte va contre l'humanité, parce qu'il est la négation des plus nobles sentiments de la nature humaine.

Le développement de la moralité suit des lois absolues, et chaque degré repose sur des causes préalables d'une manière solide, inébranlable, nécessaire.

Et l'on n'admettrait pas cette vérité quand on voit Quételet, le plus célèbre des savants qui s'occupent des statistiques relatives aux hommes, ce savant qui fait la gloire de la Belgique écrire : « Tout ce qu'il semble » qu'on doit attribuer au hasard, à la volonté libre, aux » passions humaines ou au degré de l'intelligence, est » lié à des lois tout aussi fixes, tout aussi inviolables, » tout aussi éternelles que peuvent l'être celles du » monde matériel (2) ! » N'est-ce pas avec raison qu'on accorde une valeur excessivement importante aux pa-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 6.
(2) Cité dans Liebig, 626.

roles du chœur de l'Agamemnon d'Eschyle : « La sa-
» gesse nous arrive même malgré nous, c'est une faveur
» des dieux qui trônent en maîtres là haut au gou-
» vernail (1) »? Pour mettre les paroles du chœur en harmonie avec l'idée du monde que nous avons à défendre dans cette lettre, nous n'avons qu'à nous figurer que les dieux des Grecs étaient, pour me servir de l'expression de Liebig, des *causes providentielles*, des puissances naturelles représentées comme des personnes.

« Ce qui fait, dit Liebig, la supériorité extraordinaire
» de la force qui distingue notre temps de tous ceux
» qui l'ont précédé, c'est que le développement des
» sciences naturelles et de la mécanique aussi bien
» qu'une étude plus rigoureuse de toutes les causes qui
» produisent les mouvements mécaniques et les chan-
» gements de lieu, ont fait connaître plus exactement
» les lois qui permettent à l'homme d'employer comme
» des serviteurs empressés et obéissants des puissances
» de la nature qui, autrefois, faisaient naître l'effroi et
» l'horreur. » — « Le cheval le mieux dressé ne suit
» pas plus patiemment la volonté de l'homme que la
» locomotive de nos chemins de fer : elle va vite, ou
» lentement, elle s'arrête et obéit à la plus légère pres-
» sion du doigt (2). »

Tout cela est juste. Mais tout cela n'est possible que par la connaissance des lois que Liebig regarde avec raison comme si importante. La volonté puissante est une conséquence nécessaire d'un grand savoir. Mais il ne faut pas oublier qu'en premier lieu « ce sont les in-

(1) D'après la traduction de Guillaume de Humboldt. Leipzig, 1816, vers 173-176, p. 9.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 616, 617.

» fluences qui gouvernent notre volonté, tandis que » nous pouvons dominer ces influences en acquérant » la connaissance de leurs rapports intimes (1). » La connaissance ne prend naissance qu'en qualité de résultat des influences, et devient par conséquent une cause nécessaire de la volonté.

« L'homme, écrit Liebig, a un certain nombre de » besoins qui prennent leur source dans sa nature spi- » rituelle et *qui ne peuvent être satisfaits par les forces de* » *la nature;* ces besoins sont les diverses conditions de » ses fonctions intellectuelles dont le développement, » le perfectionnement et la conservation tiennent sous » leur dépendance l'emploi régulier et convenable des » forces du corps, aussi bien que la direction et le » gouvernement de celles de la nature dans le but de » faire naître tous les besoins nécessaires, utiles et » agréables de l'homme (2). » D'après tout ce qui précède, il est clair que ces mots n'ont aucun sens. Ce qu'il y a de plus étrange, c'est que les défenseurs de semblables idées taxent d'orgueil la nouvelle manière de concevoir le monde; comme si l'orgueil de l'homme pouvait s'élever plus haut qu'à des *besoins qui ne peuvent être satisfaits par les forces de la nature!*

On ne peut pas justifier ce que dit Liebig d'un esprit « qui, dans ses manifestations, est indépendant des » puissances de la nature, ni quand il le distingue de » toutes les autres choses qu'il voit en dehors de lui, » enchaînées aux lois invariables, inaltérables et fixes » de la nature (3). » Au contraire, il a tout à fait raison

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 32.
(2) Id., *ibid.*, 621.
(3) Id., *ibid.*, 31, 32.

quand il écrit dans un autre passage, en se contredisant lui-même : « Toute substance, en tant qu'elle joue » un rôle dans le procès vital, influe d'une certaine » façon sur notre système nerveux, sur les penchants » des sens et sur la volonté de l'homme (1). »

Les hommes qui sont restés si longtemps attachés à un bien imaginaire auquel la faiblesse de la chair donne chaque jour un démenti, ont beaucoup plus de peine, au milieu du dédale d'une vie laborieuse, à ne voir dans la volonté qu'un phénomène naturel, qu'à s'assurer d'une manière scientifique de la justesse de la proposition que je soutiens.

Ici un premier scrupule nous barre le passage ; si l'on nie la liberté de la volonté, nous dit-on, les idées du bien et du mal sont nécessairement perdues pour nous. Et pourtant ce qui lève ce scrupule c'est que nous devons considérer la volonté de l'homme comme un phénomène de la nature, définitivement démontré. En effet, tant que le critérium est fourni par le hasard, c'est-à-dire tant que nous l'empruntons au dehors, on ne peut pas décider d'une manière certaine, si une action est bonne ou mauvaise. Une fois qu'on a reconnu qu'il ne faut pas chercher le critérium du bien ou du mal ailleurs que dans la nature de l'homme, et que nous prenons pour point d'appui la nature elle-même, alors que nous reconnaissons le droit de nous juger, non pas aux singes ni aux habitants de la lune, mais seulement et exclusivement à nos semblables, le jugement qui décide du bien et du mal a pour fondement la nécessité naturelle, et, par conséquent, il est éternel et inébranlable.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 607.

Le bien est ce qui, dans un moment donné du développement de l'humanité, correspond aux exigences de l'espèce. Je dis à un moment donné du développement; en effet, ce n'est qu'en tenant compte du degré de développement que l'histoire s'élève à la hauteur du tribunal du monde. C'est pour n'avoir pas tenu compte du degré de développement du moyen âge, que Rotteck a jugé trop durement la domination de l'Église à cette époque, de même que Hurter et Stahl sont injustes envers la civilisation actuelle, par la raison qu'ils voient l'esprit du temps avec les yeux du moyen âge.

Rejeter comme un mal ce qui contrecarre les exigences de l'espèce est une nécessité naturelle inhérente à l'humanité.

Dans les cas particuliers, le mal reste donc, comme l'homme tout entier, un phénomène naturel. Si cette idée doit nous inspirer des sentiments de pardon pour tous les crimes comme pour toutes les fautes, celui qui est vraiment homme n'y perd rien; il n'y a de dommage que pour le sectaire persécuteur, ou la colère haineuse du vaincu. Tel est le sens des paroles de madame de Staël : « Tout comprendre ce serait tout pardonner » (1). Je ne puis cesser de répéter à jamais cette précieuse parole. En effet, de même que le précepte « aime ton prochain comme toi-même » était la moelle de la morale chrétienne, de même il faut écrire en tête de l'évangile moderne : « Tout comprendre, c'est tout » pardonner ».

De même que le moraliste somme l'adversaire de la thèse qui veut que la volonté soit libre, de lui présenter le principe de sa doctrine morale, de même le

(1) Madame de Staël, *Corinne*.

jurisconsulte demande compte au savant de la responsabilité qui, lui semble-t-il, va périr. Mais la responsabilité n'est détruite que si la peine poursuit le but extérieur de l'intimidation ou de l'amélioration. Comment la peine pourrait-elle intimider celui qui commet un crime, résultat logique, direct et inévitable de la passion qui l'anime? L'amélioration, on ne l'obtient que bien rarement dans les établissements pénitentiaires et souvent au prix d'avantages qui ne compensent point ce qu'on veut appeler amélioration. Car il n'est pas devenu meilleur, celui chez qui la passion est anéantie. D'autre part, que de fois n'arrive-t-il pas que les individus frappés d'une peine ne quittent leur prison, en méditant des projets de vengeance contre la société, que pour y rentrer trop vite, et souvent à plusieurs reprises? Si l'on cherche le droit de punir dans le besoin naturel et nécessaire de la conservation personnelle qui domine l'espèce, le jugement plus indulgent que nous portons sur le mal, du moment que nous le considérons comme un phénomène naturel, ne détruit pas la responsabilité. La peine ne doit être que l'expression des exigences de l'espèce. Aussi les codes ne punissent-ils que les infractions qui lèsent un individu. Le droit naît seulement du besoin. Mais puisque le besoin est humain, la peine aussi doit être humaine ; si elle ne reste pas humaine, la peine elle-même devient un crime. Sous ce rapport on ne peut pas se plaindre assez hautement qu'il se soit trouvé naguère encore des chambres pour voter le maintien de la peine de mort, ne fut-ce qu'à une faible majorité. Y aurait-il par hasard un rapport humain entre l'individu aveuglé par la passion, qui, n'importe comment, froidement ou violemment, commet un meurtre sur son prochain, et le calme d'un tribunal

qui, sans obtenir un avantage moral quel qu'il soit, se venge d'un crime par la mort (1)?

Puisque la responsabilité dépend du besoin et du droit de punir, on a raison de s'associer à Gervinus quand il dit : « Lors même qu'on ne voudrait voir dans » l'homme qu'une plante en proie aux puissances *hos-* » *tiles* (?) de la nature, cela ne nous empêcherait cepen- » dant pas de blâmer l'arbre défectueux et imparfait, » de le corriger, et quand il nous déplairait trop, de l'ar- » racher. » Je crois qu'on peut fort bien souscrire à ce jugement, pourvu qu'on cesse de considérer les puissances naturelles comme hostiles. On peut aller même plus loin. La nécessité naturelle de l'arbre et de l'homme non-seulement ne nous empêche pas de corriger, mais elle nous y force. Cependant Gervinus continue dans le même passage : « ce qui fait voir que l'homme a la » liberté et le libre arbitre, c'est que l'arbre laisse » l'arbre en paix » (2). La raison est si plate et si vide qu'on n'en peut imaginer une plus vide et plus plate. S'il veut dire que l'homme est libre parce qu'il marche tandis que l'arbre reste immobile, n'invoque-t-il pas un lieu commun des plus insignifiants? Si Gervinus avait un instant pesé la question de savoir si la cause du mouvement — du blâme, de la correction, ou de l'arrachement, — est exactement en rapport avec le mouvement, s'il avait compris la nécessité naturelle du lien qui relie l'effet à la cause, il n'aurait pas parlé de libre arbitre et

(1) Dans la séance du 10 février 1852, la chambre de Hesse, à Darmstadt, a voté à la majorité de 23 voix contre 21 le projet de la loi qui rétablissait la peine de mort.

(2) G. G. Gervinus, *Neuere Geschichte der poetischen National-Litteratur der Deutschen*. Leipzig, 1842, 2ter Theil, 130.

n'aurait pas échoué d'une manière si complète dans le jugement du côté le plus important de la vie de Gœthe, de ce côté qui faisait dire à Gœthe lui-même : « Si » j'avais commis une faute, ce n'en pourrait être une. » Zelter était pénétré de cette idée grandiose quand il écrivait à son ami Gœthe : « Le péché consiste dans ce » qui est contre la nature, et non pas dans la volonté » de faire le mal (1). »

Un politique, ou mieux encore un savant de cabinet pourrait nous objecter que celui qui nie la liberté de la volonté ne peut prétendre à la liberté. Je lui réponds que lorsque un homme a du bonheur à comprendre la nécessité naturelle de son existence, de ses rapports, de ses besoins, de ses droits, de ses exigences, des limites et de la portée de sa sphère d'activité, il est libre. Celui qui a compris la loi nécessaire de la nature, sait, en même temps, qu'il a le droit de faire triompher les exigences qui expriment les besoins de l'espèce. Il y a plus, c'est parce que l'espèce réclame seulement la liberté qui est en harmonie avec la vraie nature humaine, avec les lois de la nécessité naturelle, que dans toutes les luttes que la liberté soutient pour les biens de l'humanité, on peut être assuré de la défaite définitive des oppresseurs.

J'ai répondu au moraliste, au jurisconsulte, au savant, au politique. Je reviens encore une fois à une objection que font des censeurs à sentiments étroits. J'y touche en dernier lieu, parce que je ne puis m'empêcher de la mépriser du plus profond de mon cœur.

« Si tu ne crois pas à la liberté de la volonté, dit-on,

(1) *Correspondance de Gœthe et de Zelter*, I, 45.

» pourquoi ne pas te précipiter dans la débauche, dans » les plaisirs des sens déchaînés ? Comme phénomène » naturel tu es irresponsable. » Lorsque j'entends parler de la sorte, il me semble que je vois défiler devant moi la race entière des pharisiens et des sycophantes. En effet qu'êtes-vous, vous qui tenez ce langage? Êtes-vous autre chose que des êtres corruptibles et corrompus, qui n'avez pour stimulant de votre vertu qu'un ciel à venir, où se reflète votre lâche paresse, et pour norme de votre moralité que des maximes comme celles-ci, « Je ne suis pas esclave de la mode de l'incrédulité »? Vous vous sentez heureux en tous temps, car de même que vous tiriez hier la vérité de la science, vous pouvez aujourd'hui en tirer le mensonge, si le mensonge tient le pouvoir.

« Plongez-vous dans l'ivresse de la débauche ! » comme si l'homme pourrait le faire à son gré, quand même on lui répéterait tous les jours ce sophisme.

Les besoins de l'espèce ne demandent dans aucun cas qu'on se rende esclave des passions; il est donc absolument impossible de faire découler la provocation aux débordements grossiers de la proposition que l'homme est un phénomène naturel, un produit nécessaire de la nature. Si en dépit de ce principe, ces désordres éclatent de temps en temps, on n'en peut rien conclure contre la vérité naturelle qu'on reconnaît, pas plus qu'on ne pourrait diminuer la valeur que le christianisme conservera éternellement, non pas comme doctrine, mais comme principe de morale, en se fondant sur le fait que de son sublime principe de l'amour, les moines ont tiré les cilices pour la pénitence, les jeûnes, les mortifications et tout ce qui est contre na-

ture. L'hérésie qui soutiendrait qu'il faut rechercher des jouissances, aurait de la peine à s'attacher un nombre de sectateurs qui pût faire la moitié des infortunées victimes qu'a immolées l'esprit de domination des prêtres de toutes les couleurs. Cet excès ne peut pas plus servir d'argument contre la valeur historique du christianisme, que l'autre contre les idées du physiologiste, qui pousse jusqu'aux limites extrêmes de sa pensée pour en tirer, avec une logique inflexible, les principes de toute sa conduite.

Non-seulement l'air que nous respirons à tout moment de notre vie modifie l'air dans les poumons, change le sang veineux en sang artériel, non-seulement il métamorphose les muscles en créatine et en créatinine, le muscle du cœur en hypoxanthine, le tissu de la rate en hypoxanthine et en acide urique, l'humeur vitrée de l'œil en urée, il change aussi à tout moment la composition du cerveau et des nerfs. L'air même que nous respirons change tous les jours, il n'est pas le même dans les forêts que dans les villes, il n'est pas le même au-dessus de l'eau que sur les montagnes, il n'est pas le même au haut d'une tour que dans la rue. Nourriture, naissance, éducation, relations, tout autour de nous roule dans un mouvement qui se communique constamment; donc le bien ne peut pas périr, la civilisation ne peut pas tomber en ruines. La vie circule avec la matière à travers toutes les parties du monde, les idées circulent avec la vie, et avec les idées la volonté nécessaire du bien. Avec tous ses maux, la terre est et reste un paradis. « Pensez que chaque onde d'air qui afflue dans « notre poitrine, est un fleuve éthéré qui envahit tout » notre être comme les eaux de Léthé, au point que nous

» ne gardons de nos joies qu'un faible souvenir, et » que nous nous rappelons à peine nos souffrances. (Gœthe) (1). »

(1) *Correspondance de Gœthe et de Zelter*, V, 395.

VINGTIÈME LETTRE.

CONCLUSION.

Quand on est parvenu à une notion claire de l'union indissoluble de la force et de la matière, et qu'on peut désormais, sans s'effrayer, en tirer les dernières conséquences, on ne doit pas se lasser de répondre aux objections des gens qui croient que l'idée matérialiste dépouille l'humanité de toute grandeur, de toute beauté, enfin de tout sentiment poétique. Qu'on ne croie pas que cette objection vienne seulement des gens du monde, des gens de *bon sens* qui pourraient déplorer l'imperfection de leurs sens, parce qu'ils n'ont pas exercé leur faculté d'observation; les idéalistes, qui ne s'appellent philosophes que pour se distinguer des réalistes, nous les renvoient aussi souvent, parce qu'au degré de lumières où ils sont encore arrêtés, il n'est pas possible qu'ils *veuillent* reconnaître l'empire de la matière et de ses mouvements.

Discuter avec ces derniers c'est perdre sa peine ; on ne peut pas instruire celui qui n'en est pas venu au point de vouloir apprendre. Heureusement que le danger qui menaçait du côté de l'idéalisme nous paraît entré sé-

rieusement dans une période de décadence. Je n'en puis fournir une preuve plus accablante que cette citation de Riehl sur la situation sociale des philosophes. « Les philosophes furent ceux qui souffrirent le plus. » Ils ne purent pas franchir le cercle resserré de l'école » pour s'organiser en société. L'esprit de corps s'évanouit, tout au plus resta-t-il comme autrefois, au temps » des scolastiques, la perspective d'un tournoi littéraire. » Aussi est-il arrivé que les philosophes allemands de » toutes les couleurs se présentèrent régulièrement » aux assemblées des naturalistes, des germanistes, des » philologues ou des médecins, mais ils ne vinrent » jamais à leur propre assemblée (1). »

Ceux qui s'efforcent le plus sérieusement de suivre la matière sur les voies qu'elle prend, et les chemins que parcourent le développement et la migration des forces et des substances éternellement unies, comprendront peu à peu l'importance spirituelle que possède même l'atome le plus ténu, le plus invisible. On a souvent pris plaisir à reprocher aux encyclopédistes du siècle dernier d'avoir rabaissé l'esprit au rang de la matière. Le temps n'est pas encore bien éloigné où j'avais la folie, avec une certaine école philosophique, de les regarder du haut de ma grandeur, pensant qu'il y avait un but plus noble à atteindre, celui d'élever la matière au rang de l'esprit. La distance n'était pas grande; désormais il n'en est plus question, puisque on ne peut séparer la force et l'esprit de la matière.

N'y a-t-il pas de poésie à anoblir d'emblée nos fonctions matérielles, en faisant dépendre aussi le mouvement intellectuel d'opérations peu apparentes? Serait-il

(1) Riehl, *Die Bürgerliche Gesellschaft*, 233.

plus poétique de supposer avec Rudolph Wagner qu'une ombre incorporelle, au jour de la résurrection de la chair, ramasse ses os moisis et son vêtement tombé en pourriture (1), que de contempler dans l'échange des matières une force éternelle qui rajeunit tout, une fontaine de Jouvence toujours jaillissante? Il s'agit de savoir seulement si l'on peut se résigner à laisser reposer dans la tombe, la substance qui a pensé et développé le monde, jusqu'à ce que l'appel de la trompette de l'ange l'éveille au jour du jugement, pour lui rendre le souvenir des conditions mesquines d'une personnalité ; ou s'il vaut mieux savoir que la matière circule dans un mouvement perpétuel, que l'acide carbonique, l'eau, l'acide humique, l'ammoniaque, et des sels font pousser sur une tombe des fleurs et des fruits ; s'il vaut mieux voir une vie nouvelle, exubérante, passer dans les plaines et les prairies, et une force de pensée nouvelle grandir dans des cerveaux humains.

Les premiers anneaux de la chaîne de la vie animale se confondent avec les impulsions de cette force de création organisatrice qui fait apparaître les plantes, monde fleurissant de la poésie qui ne se connaît pas. L'influence de l'oxygène aide à former le sang, et celui-ci en brûlant s'élève au rang du tissu dont l'échange des matières produit la pensée, de plus c'est l'oxygène qui continue à brûler le cerveau et le sang, et les réduit à des combinaisons simples, d'où la plante en se couvrant de bourgeons, tire une nouvelle jeunesse. C'est la mort dans la vie, et la vie dans la mort. La mort ainsi comprise n'a rien de sombre ni d'effrayant. Dans

(1) Rudolph Wagner, Supplément de la *Gazette d'Augsbourg*, 20 janvier 1852.

l'air et dans la poussière voltigent et reposent les germes éternellement féconds des fleurs. Quiconque sait comment la mort s'enchaîne aux phénomènes de la nature vivante comprend la puissance inépuisable de la vie, et avec elle toute la richesse de la poésie humaine reposant immuable sur les colonnes de marbre de la vérité.

Est-ce une conception vulgaire, que celle qui nous représente les luttes des hommes et leur poursuite effrénée de la matière, comme une nécessité naturelle, où la matière fournit la force? Est-ce une idée commune que celle qui nous permet de crier au travailleur qui, la sueur au front, ne peut le plus souvent penser qu'à gagner sa vie, qu'il acquiert avec du pain la substance des plus nobles mouvements dont les créatures soient capables sur la terre? Est-ce un dogme trivial que celui qui nous fait voir dans chaque repas une Cène, où nous métamorphosons une substance sans pensée en hommes pensants, où nous prenons en réalité la chair et le sang de l'esprit, pour répandre l'esprit dans toutes les parties du monde et dans tous les temps par les enfants de nos enfants?

Si la force est la matière et la matière la force, c'est un devoir sacré d'économiser la matière, c'est-à-dire, de la conduire sur les voies, et de la rassembler dans les combinaisons, où elle puisse par les plus courts moyens déployer les plus grands effets. Voilà ce qui fait la valeur et la toute-puissance que la science de la nature acquiert dans notre temps. De nos jours, Prométhée enseigne à l'homme la chimie, la physique et la physiologie, et lui donne ainsi sur les éléments une puissance qui résulte d'une volonté soumise à la pensée et à la science.

Liebig a reconnu aussi à son point de vue cette idée. « Les progrès que la chimie doit à la découverte de » l'oxygène, dit-il, ont élevé le niveau de la prospérité » matérielle des États, dans la même proportion qu'elle » a accru la richesse des individus» (1). « De même que » dans le corps d'un animal on peut mesurer l'échange » des matières par le nombre des globules du sang, qui, » à un moment donné, vont du cœur aux capillaires, de » même on peut mesurer l'échange des matières dans » le corps de l'État par la vitesse du passage des pièces » d'or de mains en mains. L'argent remplit dans l'État » la fonction des véhicules de l'oxygène » (2).

« Toutes les parties de l'organisme ont un droit na- » turel à l'emploi le plus libre de leur force productive » de travail, et, par conséquent, toutes ont le droit de » n'être entravées ni arrêtées par une autre; le maxi- » mum d'effet de la force productive de travail est en » rapport inverse de la somme des obstacles à sur- » monter ».... « Aussi la politique barbare qui accable » les populations d'impôts injustement et inégalement » répartis, les expose-t-elle, durant toute la vie, à la » famine, en les forçant à employer une trop grande » somme de leur force à se maintenir en vie, et à des » buts qui ne restaurent pas complétement la force de » chacune des parties. C'est ainsi que les États qui en- » tretiennent de grandes armées permanentes n'ont » que l'apparence de la force, parce qu'une saignée » permanente soutire la meilleure portion de leur sang » et leur plus noble substance; leur puissance res- » semble à la force que le sauvage trouve dans l'ivresse

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 6.
(2) Id., *ibid.*, 622, 623.

» de l'eau-de-vie; l'ivresse passée, la puissance et la » force s'évanouissent » (Liebig) (1).

Une distribution libre et équitable de la force et de la matière, tel est le but que toutes les agitations récentes, sous l'impulsion d'un pressentiment plus ou moins obscur, ont cherché à atteindre. C'est précisément la distribution de la matière qui rend accessible à tous le travail, et par le travail, une existence digne de l'homme, « puisque chaque partie de l'organisme a un droit naturel à l'emploi libre de sa force productive de travail. » Autant ces paroles sont bien et fortement senties, autant l'accusation que Liebig élève dans un autre passage est fausse. « Les nouvelles théories socialistes veulent qu'il ne reste plus une ombre, mais si l'on détruisait le dernier brin d'herbe qui projette une ombre, sans doute la lumière serait partout, mais avec elle serait la mort, comme dans le désert du Sahara (2). »

A quoi servirait dans la pratique, à l'individu, une répartition qui supprimerait toutes les ombres? Ce serait la plus impossible des impossibilités. Il n'est pas plus possible que le partage communiste, qui préoccupe la pensée de Liebig, dure même une demi-heure, qu'il ne se peut que deux hommes soient pareils par le sang, la chair, la forme du visage et la démarche. Ce partage ne peut donc supprimer toutes les ombres, puisqu'il faudrait d'abord effacer toutes les ombres pour qu'on pût mettre en œuvre le partage. Voilà précisément pourquoi nous devons repousser sérieusement et énergiquement une accusation qu'on jette en face à une idée générale, à une tendance grandiose, tandis qu'elle

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 624, 625, 626.
(2) Id., *ibid.*, 619.

ne frappe que quelques esprits égarés. En dépit de l'opposition des poëtes, des savants et des propriétaires, fanatiques du repos, l'avenir du monde appartient à la science socialiste qui étudie les besoins de la société. Ce n'est pas une vaine illusion qui nous promet la possession de l'avenir; sans parler des autres considérations d'humanité, c'est tout simplement le fait inébranlable de l'union de la force et de la matière qui nous la garantit. C'est pour cette raison qu'il faut se garder d'appliquer l'épithète de socialiste aux rêves insensés de pillage, quand on s'est élevé avec Liebig à l'idée que « chaque partie de l'organisme a un droit naturel à l'emploi le plus libre de sa force productive de travail. »

La vie a besoin de travail, le travail a besoin de la matière, et il n'est pas douteux que le plus grand des services dont la vie soit redevable à la chimie, c'est d'avoir appris à mieux connaître la matière qui convient à chaque genre de travail. La matière doit-elle rester dans les fosses et les cercueils sans profit pour personne, et trop souvent au péril de tout ce qui l'entoure?

Jamais, au grand jamais je ne pourrai reconnaître une nécessité inévitable dans l'idée de Liebig : « la seule « perte réelle que nous ne puissions prévenir d'après » nos mœurs, est celle des phosphates que les hommes » emportent avec leurs os dans leurs tombeaux (1). » Une fois qu'on a bien compris que les mœurs sont le miroir des connaissances, on se sent le droit d'employer toute l'autorité que donne la science à déconseiller un pareil gaspillage, sans montrer un dédain superbe pour des sentiments timorés qui se rattachent à certaines croyances.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 674.

Le phosphate de chaux est la terre des os, le phosphate de magnésie est la terre des muscles, le phosphate de potasse se trouve parmi les sels les plus importants de la chair et du lait. Sans une grande quantité de phosphates, le cerveau ne peut pas se former. Quand nous voyons accumuler une abondance prodigieuse de ces phosphates dans nos cimetières, où ils ne sont utiles qu'aux vers et à l'herbe, tandis que sans peine et presque sans frais, on pourrait les ramener dans le cercle de la vie qui crée toujours de nouveaux cercles de matière et de force, pourquoi resterions-nous esclaves de la coutume des cimetières perpétuels, alors que nous avons renoncé aux sacrifices sanglants et aux procès des sorciers? Qui donc voudrait rester encore, après sa mort, maître de son phosphate de chaux, s'il réfléchissait, qu'il peut être ainsi la cause que ses descendants mourront de faim? Il est bien plus raisonnable de laisser voyager le phosphate de chaux à travers les plantes et les animaux, que d'être, ne fut-ce que de loin, la cause du fait monstrueux qui se produisit pendant le siége de Paris par Henri IV, quand la famine força les habitants à faire, sans autre préparation, du pain avec les os des morts (1).

Il suffirait d'échanger un lieu de sépulture contre un autre après qu'il aurait servi un an, on aurait ainsi au bout de six ou de dix ans (2) un champ des plus fertiles, qui ferait plus d'honneur aux morts que des monuments ou des tombeaux. Il y a déjà longtemps qu'on a compris

(1) Thiers, *Résumé de l'histoire de France*, 15e édit. Bruxelles, 1840, p. XXIX.

(2) Œsterlen, *Handbuch der Hygiene fur den Einzelnen wie für eine Bevölkerung*. Tübingen, 1851, 573.

que des établissements d'utilité publique ou de bienfaisance étaient pour la mémoire des grands hommes un honneur préférable aux statues de bronze ou de marbre ! Des lieux de sépulture qui, au bout de dix ans, devenus des champs fertiles, créeraient des hommes, seraient des établissements qui feraient plus que de remédier à la misère, ils la préviendraient, directement en augmentant la quantité des céréales, et indirectement en multipliant le nombre des hommes et des pensées. Il me semble qu'il serait tout à fait désirable, si les circonstances pouvaient le permettre, de revenir à la coutume incontestablement plus poétique des anciens; si nous pouvions brûler nos morts, nous enrichirions l'air d'acide carbonique et d'ammoniaque, et la cendre, qui renferme les instruments de la création de céréales nouvelles, d'animaux et d'hommes, changerait nos landes en campagnes fertiles. On peut hardiment prédire que le besoin de l'homme, raison suprême des droits et source la plus sainte des coutumes, considérera un jour nos cimetières du même œil que nous voyons le paysan timide enfouir un écu, au lieu de tirer un intérêt de son capital péniblement acquis. La barbarie n'est que l'ignorance.

Cette idée a soulevé plus d'émotion que je n'en attendais de notre temps dans le sénat de l'université d'Heidelberg et chez son équivoque défenseur de a gazette d'Augsbourg (1) qui, dit-on, a écrit et lu beaucoup de livres de science. Faut-il rappeler à un naturaliste, que c'est le même sentiment de respect

(1) Suppléments au n° 305, au n° 310 et au n° 314 de la *Gazette d'Augsbourg*. Pour bien juger le reproche d'ambiguïté, il faut comparer complétement les trois numéros l'un après l'autre.

longtemps regardé comme sacré, qui s'est opposé durant des siècles à l'ouverture des cadavres, et que ce n'est que peu à peu, à la suite du progrès des idées, qu'on en est venu dans beaucoup de villes de l'Europe à voir dans les autopsies une chose toute simple? On en appelle à un sentiment naturel et l'on oublie que le sentiment se modèle sur le degré de connaissance, lentement sans doute mais d'une manière graduelle. Une fois pour toutes, il y a une chose que nous ne pouvons pas changer, c'est que dans ces matières l'idée marche avant le sentiment. Il faut cependant espérer que ce principe expérimental, à mesure qu'il deviendra plus familier aux hommes, resserrera de plus en plus dans d'étroites limites les anathèmes sincères ou hypocrites. Ne pourrait-on pas, pour ce qui nous concerne, soutenir que bien des fois la chaleur, qu'on met à honorer la mémoire des morts, s'empare de nous d'autant plus vivement qu'on a moins livré ses regrets à la publicité dans des monuments somptueux. Nous respectons les morts et nous leur donnons un témoignage de notre amour en accomplissant les devoirs qu'ils nous ont légués, ces devoirs qui nous rappellent le mot de Gœthe: « Pensez à vivre, rentrez dans la vie, emportez avec vous le saint sérieux, car le sérieux, le sérieux saint fait seul de la vie l'éternité ». C'est par ces paroles que le plus sage de nos poëtes termine les sublimes funérailles de Mignon.

Pour bien comprendre ce qu'il y a de sérieux dans les droits que fait valoir la vie, je veux attirer l'attention sur un autre passage de Liebig, où il dit : « J'ai fait » l'expérience, et bien d'autres l'ont faite avant moi, » que pour rendre fertile un sol naturellement infécond, » quand son infertilité provient du défaut des parties

» constituantes actives, et non pas d'une condition » physique impropre à la culture, on est contraint à » dépenser plus que si l'on achetait le champ le plus » fertile. » Et plus loin : « Il semble que dans bien des » cas, le principal effet du fumier sur nos champs con- » siste en ce que, par l'effet d'une nourriture plus abon- » dante, les plantes poussent aux premiers temps de » leur développement, sous la croûte superficielle de la » terre, dix fois et peut être cent fois plus de radicules » qu'elles n'auraient fait dans un sol maigre, et que » plus tard leur croissance est en rapport avec le » nombre des organes qui leur permettent d'atteindre » et de s'approprier, dans les couches profondes, la » substance alimentaire peu abondante. C'est peut-être » ce fait qui explique pourquoi une quantité d'ammo- » niaque, d'alcalis et de phosphates terreux, relative- » ment petite, porte la fertilité à un si haut point (1). » Et cependant nous enfouissons chaque jour dans nos cimetières des alcalis, des terres, de l'acide phosphorique, ces phosphates qu'on peut appeler incontestablement les éléments histogènes les plus importants des graines du froment, des pois et des corps des animaux et des hommes.

Seulement il ne faut pas croire que ce qu'on incorpore directement dans l'homme de matière éternellement circulante soit toujours une économie. Il y a déjà longtemps que Boussingault et Payen ont enseigné, et nouvellement Millon et Donders et Harting l'ont confirmé que le son de la farine contient plus de gluten, c'est-à-dire plus d'albumine végétale insoluble mêlée à de la gliadine, et plus de graisse que la farine elle-

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 678, 679.

même (1). Millon en conclut que l'on fait une perte si l'on ne mêle pas toujours le son avec le pain et si on l'abandonne aux animaux comme un objet de rebut. Millon croit même qu'on pourrait enrichir la France de plusieurs millions d'hectolitres d'une matière alimentaire excellente en mêlant constamment le son avec le pain, et que cela n'aurait aucun inconvénient, et ne coûterait rien. Liebig paraît se rallier à la manière de voir de Millon quand il dit : « Tous les secours qu'on apporte » au soulagement de la misère des classes pauvres, dans » les temps de famine, n'ont qu'une valeur locale et ne » font que bien peu de chose pour les habitants d'un » grand pays, si on les compare à la consommation; » il n'y a pour les espaces étendus qu'un remède effi- » cace; voici en quoi il consiste : il faut cuire au four » sous forme de pain la farine finement moulue, non » blutée, et consacrer ainsi à l'homme toute la sub- » stance alimentaire du grain (2). »

Au point de vue de la chimie, il n'y a rien à redire à cette proposition. On ne conteste pas que le son ne contienne plus de substance albuminoïde, plus de graisse et plus de sels que la farine blutée. Kekulé a aussi trouvé, au moins pour la graisse et les sels, des chiffres qui concordent à peu près exactement avec les résultats de Millon (3). Je ne puis pas du tout accorder avec Péligot, que l'addition du son soit désavantageuse à la fabrication du pain à cause de la

(1) Millon, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, XXVI, 8 et suiv.; Donders, *Nederlandsch lancet*, par Donders, Ellermann et Jansen, juin 1849, 747.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 594.

(3) Kekulé, dans Liebig, *ibid.*, 595.

grande quantité de graisse qui s'y trouve, par la raison que le résultat de ce mélange serait un pain de moins belle qualité (1); en effet, l'apparence du pain n'est pas un désavantage essentiel, abstraction faite de la découverte de Mouriès qui nous a appris que, même en employant le son, on pourrait éviter la couleur brune en neutralisant un ferment particulier qui se trouve dans le son (céréaline) (2).

Mais du côté de la pratique, on peut élever une grave objection contre le mélange constant du son et de la farine, ou pour parler plus justement contre l'usage unique de la farine non blutée. Le pain fait avec la farine non blutée n'est bien digéré que par des organes digestifs forts, à cause de la grande quantité de cellulose à peu près insoluble qu'il contient. La cellulose ne se dissout pas et passe avec les matières fécales; et ce qui est plus dangereux, chez les hommes excitables, chez les femmes, les enfants, les vieillards, surtout dans les classes plus délicates de la société, l'irritation que la cellulose cause à la muqueuse de l'intestin produit très-facilement de la diarrhée. Ainsi donc, en premier

(1) Péligot, *Comptes rendus*, XXVIII, 186. Péligot dit, en parlant de Millon : « Quant à la conclusion que ce chimiste tire de ses analyses, que le son est une matière essentiellement alimentaire, qu'on peut laisser avec grand avantage dans la farine destinée à faire le pain, je dois faire observer que la difficulté que présente la conservation du son, dans la farine destinée à faire le pain de belle qualité, me paraît résulter beaucoup moins de la présence de quelques centièmes de cellulose contenus dans le blé, que de celle de la matière grasse. Celle-ci se trouve dans le son en quantité au moins triple de celle qui reste dans la farine, et le blutage la sépare du blé moulu non moins utilement que la cellulose elle-même. »

(2) Mége-Mouriès, *Comptes rendus*, XLIV, 55.

lieu, l'emploi exclusif de la farine non blutée n'est nullement exempt d'inconvénient.

En second lieu, on ne fait pas d'économie quand on prive les animaux d'une substance alimentaire afin de la présenter à l'homme qui la digère difficilement. En prétendant qu'on pourrait enrichir la France avec du son, sans aucune dépense pour l'agriculture et sans soustraire même un pouce de terre aux autres fruits, Millon avance une chose inexacte. Si nous donnons aux animaux le son en qualité d'objet de rebut, il ne se perd pas un grain de matière, au contraire nous ne faisons que déléguer aux animaux la fonction de transformer le gluten, difficile à digérer, en albumine et fibrine de sang, et de changer en graisse la cellulose presque complétement indigestible pour l'homme. Nous récupérons la matière avec intérêt sous forme de viande et de lait en nous épargnant un travail qui s'accomplit bien plus utilement dans un autre sens. L'albumine, la fibrine et la graisse donnent au bras de l'ouvrier sa vigueur et au cerveau sa force. Nous transformons immédiatement en travail manuel et en pensées la substance qui, sans cela, aurait encore nécessité dans la digestion une grande dépense de force. Si l'on donnait aux faibles organes digestifs des vieillards du pain de son, on ferait aussi peu d'économie que si l'on voulait donner d'emblée à l'homme de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'eau, au lieu de les faire transformer préalablement en albumine, en sucre et en graisse par les plantes. La faible digestion des vieillards n'est pas plus en état de faire du sang avec du son, qu'avec de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'eau.

Si l'on enlève aux animaux la part de son qu'on leur

accorde d'ordinaire, on est obligé immédiatement de prendre le sol aux fruits utiles, et il faut le dire, ce qui est pire, au froment lui-même. En effet les bêtes perdent avec le son un poids de matière alimentaire, qu'il faut remplacer par une herbe fourragère. Y a-t-il avantage, je le demande, à diminuer le rendement en froment pour donner aux herbes fourragères un plus grand espace, et ne vaut-il pas mieux tirer d'un seul champ des céréales qui pourvoient l'homme d'un aliment excellent, la farine blutée, tandis que le déchet, le son, échoit aux bêtes et par elles tourne au profit de l'homme de la façon la plus avantageuse?

En temps de famine, il faut juger d'autre manière et l'on ne peut qu'applaudir à Liebig, quand il dit : « comme » addition à la farine le son a, dans les temps de disette, » une très-grande valeur, et ne peut être remplacé par » aucun autre aliment » (1). Il faut faire de nécessité vertu. Dans les temps où la production et la consommation ne souffrent pas d'obstacle, on doit rejeter absolument le conseil que donne Millon de faire toujours et exclusivement du pain de son.

Les pommes de terre contiennent de dix à vingt fois plus de substances adipogènes que d'albumine, tandis qu'il y a dans le sang plus de cinquante fois autant de substances albuminoïdes que de graisse; les pommes de terre contiennent à peine un quinzième de la quantité de substances albuminoïdes qui se trouve dans le sang à l'état normal. Il ne faut donc pas se plaindre si amèrement de la diminution que la culture de la pomme de terre a subi si fréquemment dans ces derniers temps, si l'on choisit pour la remplacer des produits convenables.

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 595.

Les Chinois, les Malais, les Persans, les Arabes et les Égyptiens emploient le riz au lieu de la pomme de terre; les habitants des contrées chaudes de l'Amérique, les nègres du Surinam, par exemple, mangent des bananes, fruits de la banane pisang (*Musa paradisiaca* et *Musa sapientum*). Le riz contient sans doute plus d'albumine que les pommes de terre, au contraire la banane en contient beaucoup moins (Mulder). Dans le riz comme dans la banane, les adipogènes l'emportent énormément sur l'albumine; ces productions tropicales contiennent une trop petite quantité d'albumine, ou d'un corps semblable à l'albumine, pour qu'il soit à regretter qu'on n'ait pas pu, dans la nourriture des classes pauvres, les substituer à la pomme de terre. Des voyageurs français ont recommandé d'autres plantes comme succédanées de la pomme terre. Verreaux vante les tubercules d'une plante semblable à la truffe, qui sont connus dans l'intérieur de l'Afrique sous le nom de *native bread*. Bosc dans la Caroline et Tréeul dans le Missouri ont vu faire usage au lieu de pommes de terre des racines du *Glycine apios* ou *Apios tuberosa*. On a transplanté ces racines en France; Payen a trouvé que leur composition ressemblait beaucoup à celle de la pomme de terre, seulement la nouvelle racine est à peu près trois fois plus riche en substances albuminoïdes que la pomme de terre (1). Mulder a trouvé encore plus d'albumine dans les tubercules de l'*Ulluco tuberosus* qu'on a essayé de cultiver en Hollande, et ailleurs, à la place de la pomme de terre (2). Par les mêmes motifs, Decaisne recommande la batate de Chine (*Dioscorea*

(1) Payen, *Comptes rendus*, XXVIII, 196.
(2) Mulder, *Scheikundige onderzoekingen*, Deel V, 432.

batatas) où Fremy a trouvé un corps albumineux ressemblant au gluten, qui aurait pu permettre l'emploi de la farine de cette racine à la fabrication du pain (1). Ces faits ne peuvent prouver qu'une chose, c'est qu'il y a de meilleurs aliments que la pomme de terre.

On n'a vraiment pas besoin de rechercher cet aliment meilleur, ni d'entreprendre à cet effet des voyages coûteux, ni d'introduire à grand'peine de nouveaux végétaux. Les pois, les haricots et les lentilles continuent à fleurir sous nos yeux. Les pois, les haricots et les lentilles contiennent approximativement autant d'albumine (*légumine*) que notre sang, et deux ou trois fois plus de matières adipogènes que de légumine, et les sels du sang en abondance. Bien qu'ils coûtent plus cher, et que leurs préparations soient plus dispendieuses, les pois, les haricots et les lentilles reviennent à meilleur compte que les pommes de terre. Ils sont en état de produire un sang de bonne qualité et de fortifier les muscles et le cerveau. Les pommes de terre ne le peuvent pas; les pois, les haricots et les lentilles, à cause de leurs qualités nutritives, sont à meilleur marché que les pommes de terre, de même que le fer est à meilleur marché que le bois, quand il s'agit de faire des rails pour les chemins de fer. Les pois, les haricots et les lentilles donnent de la force pour le travail, elles se gagnent elles-mêmes, tandis qu'un régime de pommes de terre soutenu entraîne infailliblement après lui la faiblesse et le dépérissement. L'homme qui, durant quinze jours, ne vit absolument que de pommes de terre, n'est plus en état de les gagner lui-même.

(1) Decaisne, *Comptes rendus*, XL, 77, 83. Fremy, *ibid.*, 128, 129.

Dans ces derniers temps, il a été souvent question d'aliments économiques. On voulait dire que certaines boissons et certains aliments, sans fournir eux-mêmes du sang et ses parties constituantes, permettaient un régime plus maigre en diminuant la quantité des sécrétions. Ainsi Gasparin prétend que les mineurs de Charleroi en Belgique ne prennent qu'environ les deux tiers du poids de l'albumine qu'un homme fait consomme ailleurs. Mais ces ouvriers, dit-on, boivent beaucoup de café; et d'après les recherches de Boecker, la sécrétion de l'urée diminuerait quand on fait usage de café. « En général, dit Gasparin, nous connaissons la » sobriété des peuples qui boivent beaucoup de café. » Les jeûnes étonnants des caravanes, le régime parci- » monieux des Arabes, apportent le prestige d'une vieille » expérience à l'appui des effets qu'on peut attribuer à » cette boisson. On considère la distribution de café » qu'on fait à nos troupes dans les pénibles campagnes » d'Algérie comme un des meilleurs moyens de les » mettre en état de supporter les fatigues de la guerre.» Abbadie s'est déjà élevé contre les conclusions que Gasparin a tirées d'une observation incomplète. D'après Abbadie, les Wahabis, ces protestants de l'Islamisme, qui par conviction religieuse ne prennent pas de café, supportent les jeûnes aussi facilement que les Musulmans qui en boivent. Mais en Abyssinie les Mahométans prennent chaque jour plusieurs fois du café, et ils supporteraient cependant moins bien les jeûnes que les chrétiens (1). Bien qu'il soit positif que les résultats obtenus par Boecker aient été confirmés par les nom-

(1) Abbadie, *Comptes rendus*, XXX, 750.

breuses recherches de Lehmann (1), on peut bien considérer le café comme un moyen d'épargner les tissus, mais non pas comme un moyen d'épargner la bourse. Les seuls moyens économiques pour la bourse sont, d'une manière générale, les aliments nourrissants, c'est-à-dire les aliments et les boissons qui apportent au sang, en justes proportions, ses parties constitutives essentielles.

Par conséquent il est établi que la viande et le bon pain ne doivent pas faire défaut dans la nourriture, la prudence le commande au maître et c'est le droit de l'ouvrier. Quand on nourrissait les travailleurs des forges du département du Tarn avec des végétaux, ils perdaient en moyenne quinze jours de travail par an, par la faim ou par les maladies. En 1833, Talabot fit de la viande la partie essentielle du régime; l'état sanitaire s'améliora au point que chaque ouvrier ne perdit plus, au lieu de quinze jours, en moyenne, que trois jours pour le travail. Chaque ouvrier gagnait donc douze jours par an, ce qui, pour un million de travailleurs, produisait un gain inappréciable (2).

Il faut reconnaître avec la plus vive gratitude que Liebig, avec ses belles recherches sur la viande, a dirigé fortement l'attention de tous les philanthropes vers la préparation d'un bon extrait de viande, déjà recommandé par Parmentier et Proust. « En préparant des extraits de viande on peut faire jouir des

(1) Julius Lehmann, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXVII, 211-217.

(2) Segond, *De l'action comparative du régime animal et du régime végétal sur la constitution physique et sur le moral de l'homme* (*Mémoires de l'Académie nationale de médecine*. Paris, 1850, 235).

» avantages de la viande même les pays où sa cherté » force les ouvriers à la remplacer par l'eau-de-vie. » En Podolie, à Buenos-Ayres, au Mexique, en Australie, » dans beaucoup de régions des États-Unis de l'Amé- » rique du Nord, où la viande de bœuf et de mouton n'a » presque pas de valeur, on pourrait, avec des procédés » très-simples, recueillir de grandes quantités du meil- » leur extrait de viande, qu'on apporterait dans les » pays de l'Europe, où les populations ne vivent que de » pommes de terre, et ce commerce acquerrait peut- » être une importance toute particulière (Liebig). » James King écrit à Liebig que, dans la Nouvelle-Galles du Sud, la meilleure viande de bœuf ne coûte pas plus de six centimes la livre. On fait bouillir la viande uniquement pour en extraire la graisse; ce qu'il y a de plus nourrissant est rejeté comme rebut (1).

Au milieu du siècle dernier on faisait un usage continu, dans la marine anglaise, de tablettes de bouillon de viande réduit par la coction à l'état de gelée. On tirait de préférence cette gelée de la viande de bœuf fraîche; on en mettait une ou deux onces dans de l'eau, ou de la soupe de pois, et même à déjeuner dans le gruau de froment ou de la farine d'avoine; on avait ainsi pour une personne un mets très-nourrissant (2). Gail Borden a aussi établi récemment une fabrique de biscuits de viande au Texas où la viande est à très-bon marché. On fait bouillir la viande fort longtemps, on évapore convenablement le liquide qu'on a obtenu, on le mêle ensuite avec de la farine de blé, et l'on en fait une pâte

(1) Liebig, *Chemische Briefe*, 557, 558.

(2) Georg Forster, *Sämmtliche Schriften*. Leipzig, 1843, I, 24, 103, note.

qu'on divise en forme de biscuits qu'on fait cuire ensuite à une chaleur modérée. D'après les expériences qu'on a faites jusqu'ici, le biscuit de viande se conserve dix-huit mois et probablement davantage; on en a envoyé en Californie par le cap Horn et à travers les plaines ; il est revenu bien conservé (1). Il est évident que cet aliment réunit à un haut degré les avantages de la viande et du pain. Le suc de viande épaissi contient ce qu'il y a dans la viande de soluble dans l'eau, à savoir, les sels, de plus un peu de gélatine et des oxydes des corps albuminoïdes qui se forment pendant la coction de l'albumine et des fibres de la viande, et qui se trouvent aussi dans le sang. En effet Liebig a tort d'écrire. « Il n'y a aucune des parties constitutives du » bouillon de viande qui, ainsi que l'établissent les re- » cherches actuelles, soit une partie constitutive du » sang (2). » Cependant, comme la quantité des matières albuminoïdes du bouillon de viande est relativement faible, on peut fort bien compléter les avantages que présentent ses éléments inorganiques et savoureux, par le gluten de la farine de blé, substance analogue à l'albumine. Il est à espérer que l'exemple donné par la fabrication des biscuits de viande au Texas trouvera des imitateurs en d'autres lieux, et en particulier en Australie.

De tout temps on a considéré qu'il y avait avantage pour un peuple forcé d'acheter à un autre peuple les objets nécessaires à sa subsistance, de les payer avec des produits naturels au lieu de les acquitter en argent. Si l'on fait attention à ce fait, que tous les hommes re-

(1) Supplément de la *Gazette d'Augsbourg*, 29 janv. 1852.

(2) Liebig, *Chemische Briefe*, 563.

jettent chaque jour de leur corps, précisément les éléments qu'ils doivent emprunter, en vingt-quatre heures, au monde extérieur, en même quantité et en même nature, mais autrement combinés, il devient évident que la science est en état de rendre des services immenses, pour prévenir la misère par une distribution raisonnable de la matière. Il n'y a qu'à rassembler, de la façon la plus avantageuse, et à diriger par les routes les plus directes, la matière qui, comme déchet, dans mille occasions, ne se perd pas, j'en conviens, mais s'égare dans des chemins détournés. Il n'y a pas d'année que de nouvelles découvertes ne fassent faire des progrès considérables dans ce sens.

Par exemple il n'y a pas longtemps que Chevandier nous a fait connaître qu'un mélange de chaux et de sulfure de calcium exerce sur les bois et sur les près l'influence la plus avantageuse. Ce mélange est un déchet de la fabrication des sels de potasse et de soude, par la décomposition des sulfates de potasse et de soude, et le rebut qui s'élève en véritables collines à Marseille, par exemple, est rejeté sur le bord de la mer où il corrompt l'eau. Par l'emploi de cet engrais non-seulement on pourrait bonifier les bois et les prés sur les lieux mêmes, mais ces substances pourraient devenir l'objet d'un commerce très-lucratif, puisque l'expédition par mer coûte si peu. On sait qu'il y a à Liverpool, à Glasgow et à Newcastle, de colossales fabriques de soude, comme à Marseille (1).

Dans cette exploitation opportune du savoir au profit de la vie, il y a l'un des plus solides appuis qu'on puisse donner à la moralité. Dans l'état de civilisation où nous

(1) Chevandier, *Comptes rendus*, XXXIII, 634-637.

sommes, le respect pour la propriété doit être en rapport inverse du besoin qui pousse l'individu à voler. J'ai fait voir dans une précédente occasion l'utilité que les Septentrionaux tirent de l'eau-de-vie ; cette liqueur est pour eux une source de chaleur, d'une manière directe par la combustion, et d'une manière indirecte en économisant la graisse. N'est-ce pas un fait digne de remarque que le Kamtschadale, qui n'a d'ailleurs aucun penchant pour le vol, vole de l'eau-de-vie, et confesse ensuite franchement qu'il n'a pu s'en empêcher, tandis que d'un autre côté on a pu confier sans crainte des boissons spiritueuses aux Hottentots voisins des établissements hollandais du Cap, qui pourtant d'après Kolben ont pour l'eau-de-vie une inclination toute particulière (1) ?

Faire des partages dans le but de niveler toutes les distinctions, c'est une absurdité, une folie, puisque d'après la nature intime de l'homme ils sont impossibles. Ce qui va à l'encontre de la nature, est évidemment en contradiction avec les exigences réelles de la société. Mais aussi une répartition plus rationnelle de la propriété, d'après laquelle celui qui veut se nourrir et se laver ne soit pas dans l'impossibilité de le faire pourvu qu'il veuille travailler, tandis qu'un autre souffre peut-être, par suite de son superflu, une telle répartition, dis-je, on peut la préparer graduellement par des modifications dans les rapports de succession. En cela, la prudence des Américains nous donne des exemples instructifs, si l'on en croit Froebel. Mais la recherche

(1) Moleschott, *Lehre der Nahrungsmittel, für das Volk.* Erlangen, 242.— Prichard, *Researches into the physical history of mankind*, I, 181.

scientifique a en son pouvoir une influence tout à fait directe, si elle a le courage, et elle l'aura, de mettre ses idées en pratique.

Au fond, la misère n'est qu'un manque de matière, qui s'exprime indirectement par un manque d'argent. Oui, le manque d'argent est dans un certain sens une question secondaire. En effet, la matière ne peut pas manquer à l'entretien des plantes, des animaux et de l'homme; telle est la conséquence grandiose que nous tirons de l'indestructibilité de la matière et de l'éternelle circulation de la vie liée à la matière.

La terre est excessivement riche en substances inorganiques dont nous ne pouvons nous passer pour organiser la matière. La terre d'os, le sel des cartilages, le sel des muscles, le métal des poils, sont rassemblés en si grande quantité dans l'écorce du globe, que certainement il en resterait encore plus du double quand tout l'azote, tout le carbone et tout l'hydrogène seraient entrés dans des combinaisons organiques, et par suite, auraient revêtu des formes organisées. Puisque nous savons que tout animal est une source de nourriture pour les végétaux, et que toute plante contient les éléments du sang des animaux, il est clair que les plantes ne peuvent pas supprimer les animaux, ni les animaux les plantes.

N'est-ce pas une conséquence forcée, que la science doive arriver à indiquer une répartition de la matière qui ne permettra plus la misère, si l'on entend, par ce mot, l'impossibilité de satisfaire ses besoins? Il y a des sels en quantité excessive, nous n'avons qu'à les extraire en fouillant les entrailles de la terre qui contient de grandes veines d'ostéolithe. Les combinaisons organiques, l'albumine, la graisse et le sucre sont éternelles,

puisque la plante les prépare avec des corps simples qui sont eux-mêmes éternels, tandis que l'animal ne consomme que de l'albumine, du sucre et de la graisse pour les rendre au règne végétal sous forme d'ammoniaque, d'acide carbonique et d'eau.

Aussi le devoir le plus sacré du savant est-il d'analyser les terres, les pierres, les plantes et les animaux, afin d'apprendre à apprécier toujours mieux les rapports de la répartition. Rien ne doit, rien ne peut lui ôter le courage de suivre la voie, qui, à chaque pas, présente des récompenses que ne peuvent corrompre ni le doute des oisifs, ni le dédain des croyants fanatiques, qui s'imaginent pouvoir séparer la force de la matière, ni l'impatience des utopistes qui veulent trouver le but avant la route. Une répartition raisonnable de la matière, voilà ce qu'il faut enseigner! Voilà ce que réclame l'agriculteur, ce que réclame le médecin, ce que réclame le politique, ce que réclame le pauvre, quand il comprend les causes de ses privations et de ses souffrances. Les savants préparent très-activement la solution de la question sociale, qui sans doute peut bien se révéler, comme un besoin, par des prises d'armes, se dévoiler, à titre de question pendante, mais que jamais, au grand jamais, on ne résoudra par ces moyens. La solution est dans la main du savant que dirige avec certitude l'expérience. Le fruit de l'arbre de la science c'est le besoin; mais au fond du besoin, il y a en germe la puissance qui doit le satisfaire. Le savoir est la puissance invincible; c'est la puissance de la paix. La science n'est pas seulement la plus belle récompense d'une vie digne de l'homme, elle en est aussi le fondement le plus large.

FIN.



TABLE DES MATIÈRES

DU SECOND VOLUME.

QUATORZIÈME LETTRE. — La chaleur des plantes et des animaux. 1

QUINZIÈME LETTRE. — Évolution graduelle de la matière...... 36

SEIZIÈME LETTRE. — La matière gouverne l'homme 58

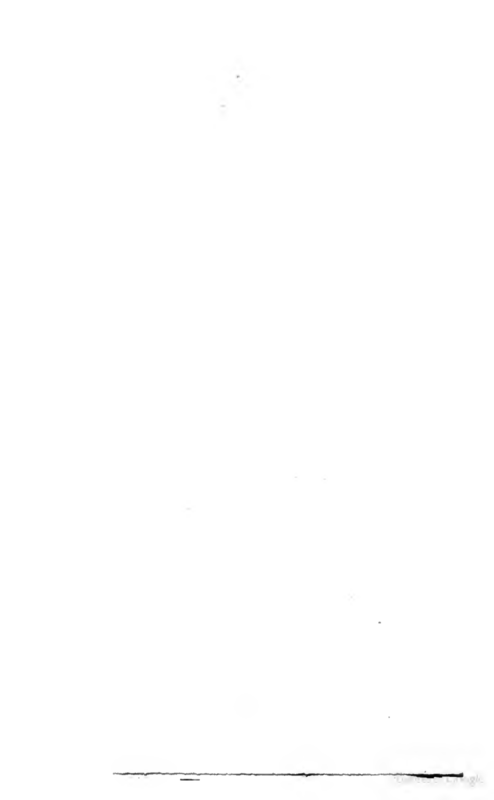
DIX-SEPTIÈME LETTRE. — La force et la matière............ 89

DIX-HUITIÈME LETTRE. — La pensée..................... 141

DIX-NEUVIÈME LETTRE. — La volonté.................. 180

VINGTIÈME LETTRE. — Conclusion....................... 209

FIN DE LA TABLE DU SECOND VOLUME.





Paris.— Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.



